توازن وصلة التقارن

تدريس مهارات جديدة

Technology Transfer Services

WE TRAIN INDUSTRY

حول هذا الدليل

يعد هذا الدليل أداة تدريب ومرجع على طرق توازن أعمدة المعدات الدوارة وقد تم تصميمه لتقديم شرح مبسط وواضح لما يلي:

- أسس التوازن
- التحضير لعملية التوازن
- مراحل التوازن
- التوازن الدقيق
- الزيادة الحرارية
- عمليات التوازن غير المعيارية

طريقة استخدام هذا الدليل

توجد ثلاث طرق للوصول إلى المعلومات في هذا الدليل:

1. من خلال جدول المحتويات، الذي يسرد فصول هذا الدليل.
2. من خلال جدول الأشكال، الذي يسرد الأشكال الرسومية في هذا الدليل.
3. من خلال التذييل الموجود أسفل كل صفحة، الذي يعد طريقة سريعة لمعرفة ما إذا كان الفصل مستمراً في الصفحة التالية أم لا،

حيث يحتوي الجزء السفلي من كل صفحة على رقم الصفحة وعنوان الفصل.

جدول المحتويات

الموضوع	الصفحة
حول هذا الدليل	أ
طريقة استخدام هذا الدليل	أ
جدول المحتويات	ب
قائمة الجداول	ج
أهداف التعلم	د
أسس التوازن	1
مقدمة	1
عدم التوازن	2
وصلات التقارن	5
أدوات التوازن	10
طرق التوازن	15
ملخص	21
أسئلة للمراجعة	23
التحضير لعملية التوازن	24
مقدمة	24
قائمة الفحص السابقة لتحقيق التوازن	24
القدم غير الثابتة	27
ارتخاء الشدادة	41
ملخص	44
أسئلة للمراجعة	46
مراحل التوازن	48
مقدمة	48
مراحل التوازن	48
تحريك الماكينة	50
ملخص	58
أسئلة للمراجعة	59
التوازن الدقيق	60
مقدمة	60
طريقة الإطار والوجه	60
طريقة توازن القرص المتصالب	67
طريقة توازن القرص العكسي	79
ملخص	90
أسئلة للمراجعة	92

الزيادة في درجات الحرارة 93
مقدمة 93
حساب الزيادة في درجات الحرارة 93
عمليات تصحيح مع الزيادة في درجات الحرارة 100
ملخص 108
أسئلة للمراجعة 110
عمليات التوازن غير المعيارية 111
مقدمة 111
أقدام\مسامير متعددة 111
الآلات المتعددة 112
توازن عمود الإدارة المتوسط 112
ملخص 118
أسئلة للمراجعة 120
مسرد المصطلحات 121

قائمة الجداول

الجدول الصفحة

الجدول رقم 2 – معاملات التمدد (بالمليمترات) 96

أهداف التعلم

1. توضيح الهدف من عملية التوازن.
2. توضيح النوعين الأساسيين من عدم التوازن.
3. بيان ثلاثة أسباب مؤدية إلى حدوث عدم التوازن.
4. شرح تأثيرات عدم التوازن على مجموعات الآلات.
5. سرد مؤشرات أربع لعدم التوازن.
6. توضيح النوعين أو الفئتين الأساسيتين لوصلات التقارن.
7. توضيح نوعي وصلات التقارن المرنة.
8. توضيح الأدوات المستخدمة في عملية التوازن.
9. توضيح الطرق المتاحة لأداء عملية توازن دقيقة.
10. شرح عمليات الفحص التحضيرية التي يجب تنفيذها قبل إجراء التوازن.
11. تعريف "القدم غير الثابتة".
12. شرح تأثيرات القدم غير الثابتة على مجموعات الآلات.
13. شرح طريقة اكتشاف القدم غير الثابتة وقياسها.
14. تصحيح القدم غير الثابتة أثناء عملية التوازن.
15. تعريف "ارتخاء الشدادة".
16. قياس ارتخاء شدادة لمجموعة أجزاء ثابتة.
17. معادلة ارتخاء الشدادة أثناء عملية التوازن.
18. بيان مراحل التوازن الثلاث.
19. شرح طرق التوازن المقبولة المستخدمة في كل مرحلة.
20. توضيح طريقة إجراء تغييرات دقيقة للتحسين على أي آلة.
21. توضيح عملية إجراء تحركات أفقية محكومة على أي آلة.
22. اشرح عملية تحريك آلة مربوطة بمسمار

23. حساب عدم التوازن الزاوي باستخدام طريقة الإطار والوجه.
24. حساب عدم التوازن المتوازي باستخدام طريقة الإطار والوجه.
25. تصحيح عدم التوازن باستخدام طريقة الإطار والوجه.
26. حساب عدم التوازن الزاوي والمتوازي معًا باستخدام طريقة القرص المتصالب.
27. عمل رسم بياني بعملية عدم التوازن الزاوي والمتوازي معًا باستخدام طريقة القرص المتصالب.
28. تصحيح عدم التوازن باستخدام طريقة القرص المتصالب.
29. حساب عدم التوازن الزاوي والمتوازي معًا باستخدام طريقة القرص العكسي.
30. عمل رسم بياني بعملية عدم التوازن الزاوي والمتوازي معًا باستخدام طريقة القرص العكسي.
31. تصحيح عدم التوازن باستخدام طريقة القرص العكسي.

32. حساب الزيادة الحرارية لمجموعة من الآلات.
33. تحديد عمليات تصحيح توازن مجموعة من الآلات مع الزيادة الحرارية.
34. تحديد قراءات المؤشر النهائية لمجموعة من الآلات تم إجراء عملية التوازن لها على البارد بصورة صحيحة.

35. تنفيذ عملية التوازن على آلة متعددة الأقدام.
36. تنفيذ عملية توازن على مجموعة آلات متعددة الأقدام.
37. تنفيذ عملية توازن عمود الإدارة المتوسط.

Chapter

1

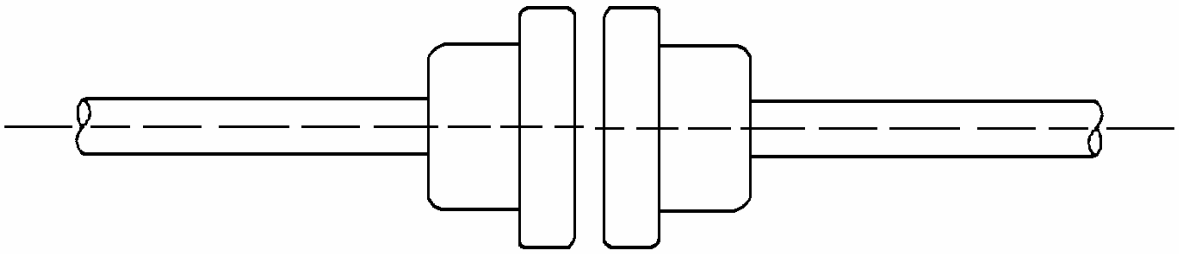
أسس التوازن

مقدمة

يعد التوازن الدقيق عملية حيوية لعملية تشغيل المعدات الدوارة. حيث تتأثر مباشرة كل من الحوامل والسدادات الميكانيكية وعلب الآلات ووصلات التقارن بعملية إجراء توازن للخطوط المركزية للأعمدة.

والهدف من وراء عملية التوازن هو إنشاء خط مستقيم خلال وصلة التقارن (انظر الشكل 1). ويعد عمودي الاقتران في حالة توازن مثلى، عند اتحاد محوري الخطين المركزيين بهما، في حالة التشغيل.

الهدف رقم 1
توضيح الهدف من عملية التوازن.



شكل 1– التوازن الأمثل

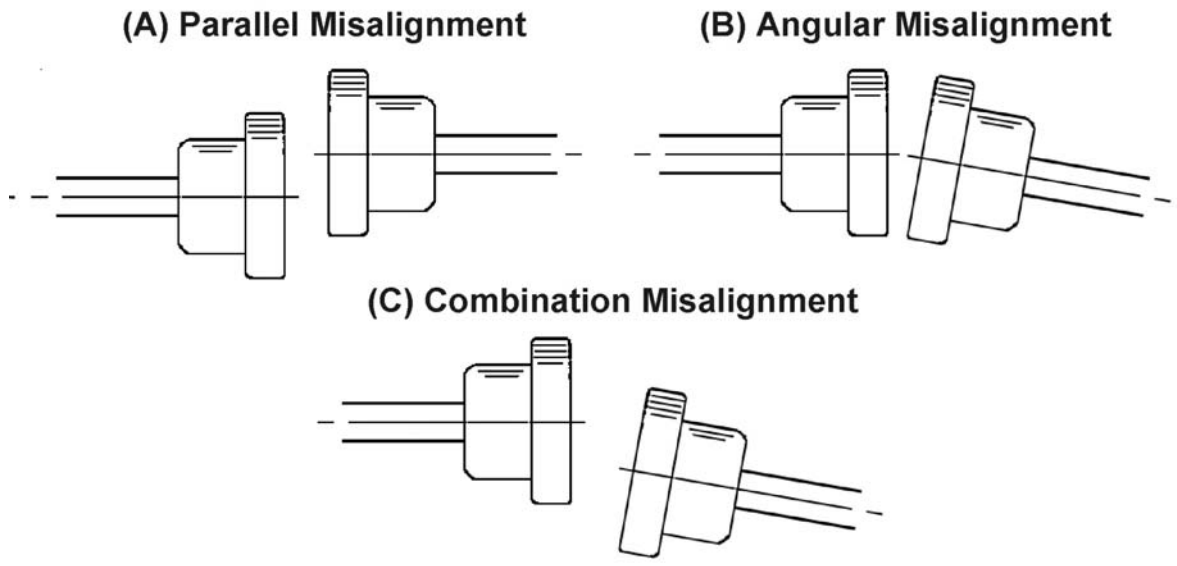
لقد لوحظ أن 50-75 بالمائة من كل مشكلات الاهتزاز في الآلات تحدث بسبب عدم التوازن. مع استيعاب الظروف المؤدية إلى عدم التوازن جيدًا، سوف نتمكن من فهم الإجراءات الواجب اتخاذها لتصحيح الأمر.

تغطي هذه الدورة كل مصدر من مصادر المشكلات المؤدية إلى حدوث عدم اتزان في الآلات. كما يتم مناقشة كل مصدر منها، مع شرح الطرق الملائمة لتصحيح كل منها. ويوجد مسرد في نهاية هذا الكتاب لهؤلاء غير المعتادين على المصطلحات المستخدمة في عمليات التوازن.

يوجد نوعان أساسيان من عدم التوازن: متوازي (أو متعادل) وزاوي.

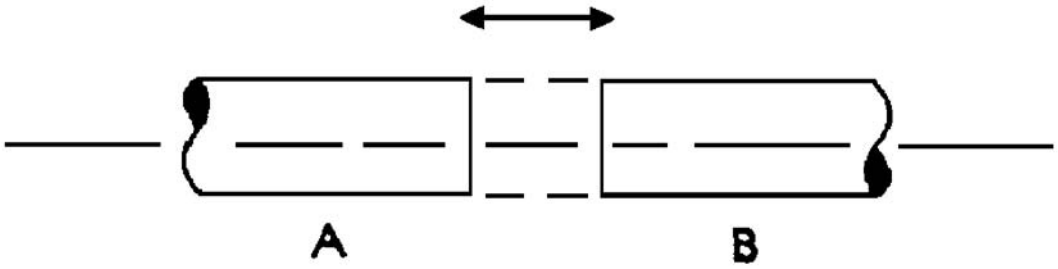
يمكن إيجاد كلا النوعين في المستويات الأفقية والرأسية. وبالمثل، يمكن العثور على تجمع لعمليات عدم المحاذاة من النوع المتوازي والزاوي في الاتجاهين (انظر الشكل رقم 2). ولتحقيق هدفنا، يجب أن نعالج نوعي عدم التوازن في كل اتجاه.

الهدف رقم 2
توضيح النوعين الأساسيين من



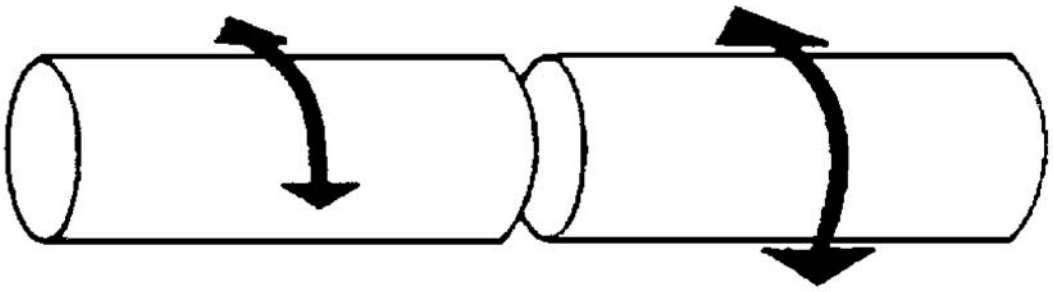
الشكل 2 – أنواع عدم التوازن

كما توجد حالتان إضافيتان يجب أن نتناولهما: إذ يعد كل من الوضع المحوري للآلات وصفيحة القاعدة هام بالنسبة للتشغيل. ويجب المحافظة على المسافة بين كل عمود وعمود آخر، خاصة عند استخدام وصلة تقارن عائمة محدودة النهايات (انظر الشكل رقم 3).



الشكل 1 عوامة الجزء النهائي

قد تكون هناك حاجة إلى أخذ تأثير اللي أو عزم الآلة عند تحقيق توازن المعدات (انظر الشكل رقم 4). وقد تتحرك الآلات أفقيًا عند التشغيل وأثناء التشغيل. ولا تعد هذه الإجراءات ضمن إجراءات التوازن كلية، إلا أننا يجب أن نلتفت إلى أهميتها عند تنفيذ عملية التوازن.



الشكل رقم 2 الانعطاف الالتوائي

الأسباب الرئيسية المؤدية إلى عدم التوازن:

1. **تحريك آلة معينة متصلة بآلة أخرى، بسبب زيادة درجة الحرارة في آلة منهما أو في الآلتين.**
2. **التواء الأنابيب أو أي التواء في الوصلات الكهربائية.**
3. **أي تحريك بالتواء عند بدء التشغيل أو أثناء التشغيل.**
4. **تحريك أو ضبط القاعدة أو صفيحة القاعدة.**
5. **تنفيذ إجراءات تحقيق توازن غير دقيقة أو غير كاملة (خطأ بشري).**
6. **وصلات التقارن غير المستدقة**

الهدف رقم 3
بيان ثلاثة أسباب مؤدية إلى حدوث عدم التوازن.

سوف يؤثر أي من الحالات السابقة بشكل كبير في توازن المعدات. وعند حدوث أكثر من حالة في نفس الوقت، سوف يؤثر ذلك كثيرًا على كفاءة تشغيل المعدة بسلاسة أو بهدوء، أو لأي فترة من الوقت يمكن تقديرها. بعد فحص كافة المواقف، وتصحيحيها، ـ فقط ـ يستطيع الحرفي أن يتأكد من تنفيذ عملية توازن بدقة والحفاظ عليها.

تظهر آثار عدم التوازن أمامنا في كل ما يحيط بنا في مكان العمل. حيث تعد كل من مستويات الضوضاء العالية أو اهتزاز الأرضيات بصورة مستمرة مؤشرًا قويًا على احتمال وجود عدم توازن في الآلات. وفيما يلي بعض الآثار الأخرى:

- **فقد في الإنتاج**
- **منتجات ذات جودة رديئة**
- **معدلات طلبات إصلاح أعلى من الطبيعي**
- **زيادة معدلات شراء قطع الغيار والمخزنة المتاحة.**
- **أرباح منخفضة**

الهدف رقم 4
شرح تأثيرات عدم التوازن على مجموعات الآلات

بالإضافة إلى التأثير المالي على الشركة، فإن التأثير المباشر على العديد من مكونات الآلات يمكن أن يكون ملحوظاً. فسوف تسخن الحوامل، مما يتسبب في تلفها مبكراً. سوف يحدث تسرب من السدادات الميكانيكية وحلقات السدادات والعلب الخارجية، بالإضافة إلى إمكانية حدوث فقد في الإنتاج والتزليق، وبالتالي سوف تتلف وصلات التقارن بسبب شدة اللي على المحاور. وفي الحالات الحادة، قد تُكسر الأعمدة، مما يتسبب في حدوث تلف بالغ في الآلات.

يمكن اكتشاف عدم التوازن في الآلات الدوارة بالعديد من الطرق. بعض هذه الطرق متضمن في برنامج الصيانة الوقائية لمعدات المصنع، أما الطرق الأخرى فتعد إجراءات فحص يمكن استخدامها بصورة منتظمة، إلا أنها يتم تنفيذها دائمًا عندما تتعطل المعدات. وفيما يلي عرض لبعض مؤشرات عدم التوازن:

- **اهتزاز الأعمدة**
- **حدوث اهتزاز زائد**

الهدف رقم 5
سرد مؤشرات أربع لعدم التوازن.

- **زيادة درجة حرارة الحامل بصورة كبيرة**
- **الضوضاء**
- **نمط تلف الحامل**
- **تلف وصلة التقارن**

يمكن ملاحظة تذبذب الأعمدة بدون استخدام أية معدات أو أدوات. حيث يشير إلى أن الأعمدة غير مصفوفة بشكل صحيح وبحاجة إلى الضبط.

يعد عدم التوازن أحد الأسباب الرئيسية لتذبذب المعدات واهتزازها، وبالرغم من وجود حوامل ذاتية التوازن ووصلات التقارن المرنة، يصعب تحقيق التوازن بين عمودين وحامليهما بحيث لا توجد أي قوى يمكن أن تتسبب في حدوث التذبذب. الصفة المميزة للاهتزاز الناتج عن عدم التوازن أنه سيحدث في الاتجاهين الشعاعي والمحوري.

وعندما تكون درجة حرارة حامل أعلى من المعدل الطبيعي، مع أنه قد تم تزليقه بصورة جيدة، فيحتمل أن يكون السبب هو عدم التوازن. توجد قي التربينات والمضخات وغيرها من معدات المصانع شاشات أو مؤشرات لبيان درجة حرارة الحوامل. ومن الأفضل الرجوع إلى الأدلة الاستخدام المقدمة من المصنع بشأن معاملات درجات الحرارة الصحيحة للحوامل.

لا يوجد في بعض المضخات والمعدات الأصغر حجمًا أي أجهزة للمراقبة، بالنسبة لهذه المعدات، فإن وضع يدك على الحوامل يعتبر مؤشراً جيداً لمعرفة ما إذا كانت درجة حرارة الحامل زائدة عن الطبيعي أم لا. إذا كانت درجة حرارة الحوامل على مضخة معينة أعلى منها على حوامل على مضخات مشابهة، فقد يكون السبب في ذلك هو وجود حالة عدم توازن. يجب توخي الحذر عند ملامسة الحوامل، بسبب احتمال أن تكون درجة الحرارة مرتفعة.

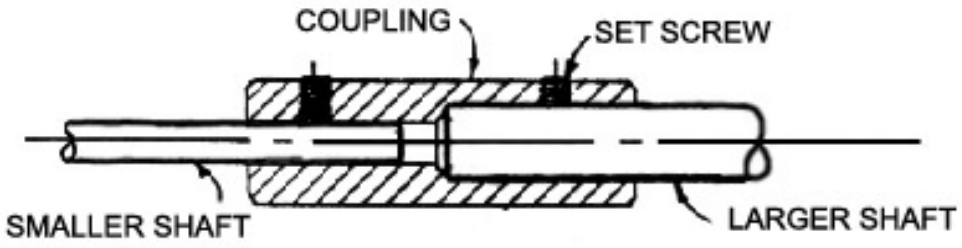
ويمكن اكتشاف الضوضاء، كما هو الحال مع الاهتزاز، بملاحظة أي تغير في صوت المعدات أثناء التشغيل. فكل المعدات التي تعمل تصدر قدراً طبيعياً من الضوضاء. لا يمكن للمشغل اكتشاف صدور أي أصوات غير عادية، إلا إذا كان معتادًا على الضوضاء العادية للمعدات.

ويمكن اكتشاف حالات عدم التوازن عن طريق عمليات الفحص للحوامل ووصلات التقارن. فإذا ظهرت علامات التلف على الحوامل بصورة زائدة، فإن السبب في العادة هو عدم التوازن. ويجب استبدال الحوامل وإصلاح التوازن للوقاية من إلحاق المزيد من التلف بالحوامل. كما يجب فحص أجزاء وصلات التقارن. وأي علامة على معدل زائد من التلف، خاصة تلف أجزاء بصورة غير معتادة، يعد مؤشرًا جيداً على عدم التوازن.

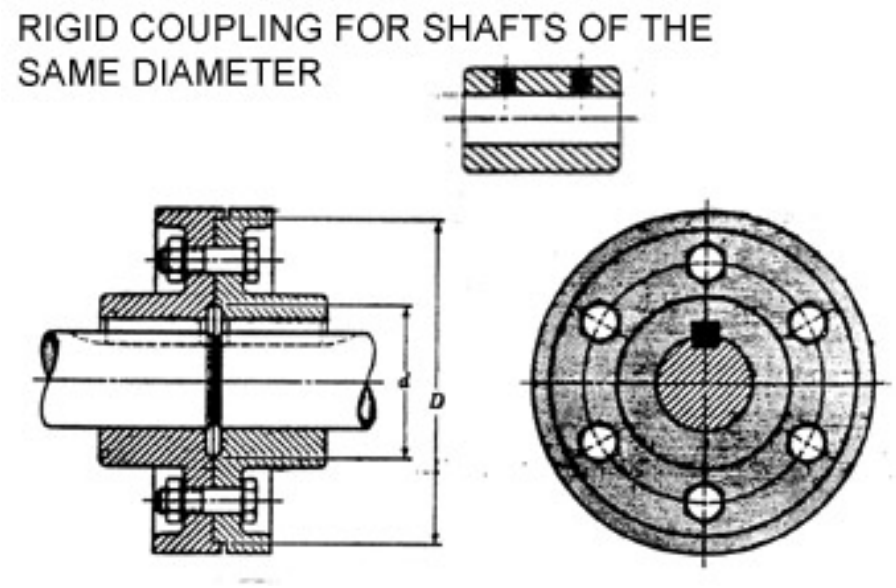
وصلات التقارن

وصلات التقارن هي موصلات لأجزاء الأعمدة أو لأعمدة ذات أقطار مختلفة. وقد تكون هناك حاجة إلى وجود وصلات التقارن لتوصيل الأعمدة بزوايا، لتعويض عدم التوازن بين الأعمدة، أو لتجنب نقل طاقة الحمل الزائد، أو استبدال الأجزاء المحدثة للاهتزاز والصدمات بالمحرك.

تتكون أي وصلة تقارن صلبة من أسطوانة مفرغة بسيطة بقطر داخلي ملائم للتركيب على أطراف الأعمدة التي يتم توصيلها (انظر الشكل رقم 5). يعتمد طول وصلة التقارن على المسافة بين الأعمدة بين الطرفين. بالنسبة لتطبيقات الإنارة، توصل الأعمدة بوصلات التقارن بمسامير تثبيت ملولبة. ولا تسمح وصلات التقارن الصلبة بأي حالات من عدم التوازن.



RIGID COUPLING FOR SHAFTS OF DIFFERENT DIAMETERS



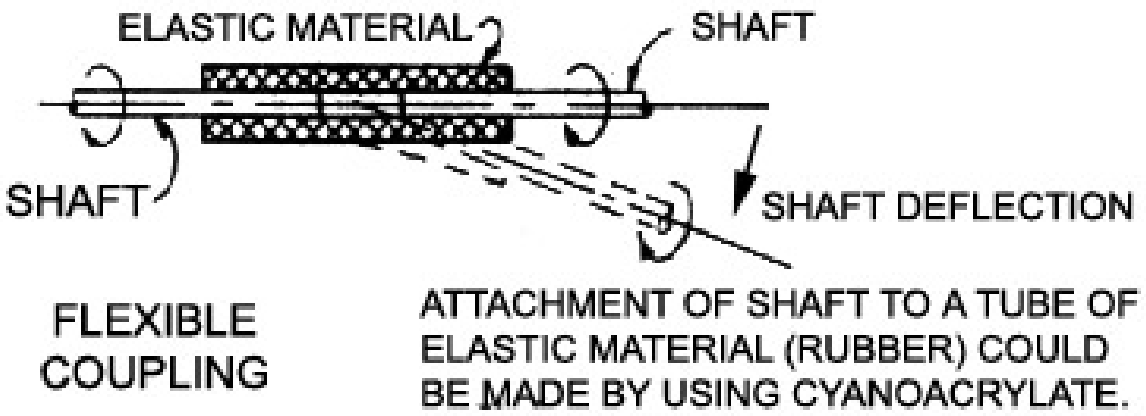
الشكل 7 – وصلة تقارن صلبة

يوجد العديد من أنواع وصلات التقارن المرنة لأنها تستخدم في أغراض مختلفة. ومع ذلك، يمكن حصر كافة الأنواع تحت فئتين رئيسيتين هما الوصلات اللدنة والوصلات المعدنية. وفيا يلي عرض للميزات والحدود الرئيسية لكلتا الفئتين باختصار، لشرح تأثيرها على اختيار نوع وصلة التقارن.

الوصلات اللدائنية

تتضمن وصلات التقارن تحت هذه الفئة جميع التصميمات التي تستخدم مواد غير معدنية في وصلات التقارن، التي يتم نقل الطاقة من خلالها. حيث تعتبر المادة مرنة إلى حد ما (المطاط أو البلاستيك).

وقد تُصنع وصلات التقارن المرنة من مواد لدائنية، مثل المطاط، أو يكون لها أشكال أخرى متنوعة. وقد يحدث بوصلات التقارن المرنة حالات عدم التوازن و التحرك أثناء الدوران (انظر الشكل رقم 6).



الشكل 8 – وصلة تقارن مرنة

يمكن تصنيف وصلات التقارن اللدائنية أيضاً كأنواع من اللدائن بالنسبة للضغط أو القص. فقد يتكون بعضها من نوع من اللدائن في الضغط والقص، أو حتى في الشد، لكن من أجل تبسيط الأمر، يمكن تصنيفها إلى نوعين ضغط وقص، وفقًا للحمل الأساسي على المادة اللدائنية. وتتضمن أنواع الضغط المفصلات حلقات الربط والمسامير ووصلات الازدواج، بينما تتضمن أنواع القص الإطارات، والأجزاء الأنبوبية حول القضبان والعناصر المشكلة.

يوجد نوعان أساسيان من العيوب التي تنتج عن استخدام وصلات تقارن لدائنية. فقد تتكسر بسبب الجهد الزائد من جراء التحميل الدوري، عندما يزيد التخلف (المغناطيسي) (ارتفاع درجة الحرارة الداخلية للجزء اللدائني) عن حدوده القصوى. وقد ينتج ذلك إما عن عدم التوازن أو عن العزم بصورة أكبر من سعته. كما قد يتعطل بسبب عوامل بيئية مثل ارتفاع درجة حرارة الجو المحيط، أو وجود أشعة فوق البنفسجية، أو التلوث الكيميائي. ويجب معرفة أن جميع الأنواع اللدائنية لها عمر افتراضي للتخزين، وقد يتطلب الأمر استبدالها في وقت ما، حتى لو لم تظهر مثل هذه العيوب.

- سهولة اللي
- عدم الحاجة إلى التزليق أو الصيانة
- صفات جيدة لتخميد الاهتزاز وامتصاص الصدمات
- أنواع لدائنية قابلة للاستبدال
- في العادة أقل في السعر من وصلات التقارن المعدنية، ذات نفس السعة التجويفية
- أحمال أقل ارتجاعية على الحوامل
- تسمح بحدوث حالات عدم الاتزان، أكثر من الأنواع المعدنية

- الحساسية للمواد الكيماوية ودرجات الحرارة العالية
- عادة ما تكون غير صلبة بالشكل الكافي من حيث اللي لمجابهة أية إزاحة موجبة

- أكبر في القطر الخارجي من وصلات التقارن المعدنية بنفس سعة العزم (أي كثافة طاقة أقل)
- يصعب موازنتها كمجموعة
- لا تحتوي بعض الأنواع على مقدرة جيدة لعزم الحمل الزائد

المعدنية

لا يحتوي هذا النوع على عناصر لدائنية لنقل العزم. وتكتسب مرونتها من خلال الأجزاء غير المثبتة التي تدور أو تنزلق كل منها مقابل الأخرى (ترس أو شبكة أو سلسلة) ، ويشار إليها في بعض الأحيان على أنها "انثناء ميكانيكي" أو من خلال ثني أو لي غشاء معين (مثل اسطوانة أو رقاقة وصلة مرنة أو عارضة أو منفاخ). وعادة ما تكون هذه الوصلات ذات الأجزاء المتحركة أقل في السعر، إلا أنها تحتاج إلى تزليق وصيانة. والسبب الرئيسي في حدوث الخلل هو تلفها، لذلك عادة ما تتسبب الأحمال الزائدة في تقصير عمرها الافتراضي بسبب نسبة التلف الزائد أكثر من حدوث خلل مفاجئ. عادة ما تكون الأنواع الغشائية أغلى ثمنًا من غيرها، فهي لا تحتاج إلى التزييت، كما لا تحتاج سوى لمعدل صيانة قليل، إلا أن السبب الأساسي لحدوث عطل بها هو الجهد الزائد، فقد تتلف سريعًا في دورة عمر قصيرة إذا زاد الحمل عليها. وإذا تم المحافظة على معدلات أحمال معقولة، يمكن أن يزيد العمر الافتراضي لها كثيراً، حتى أنها تظل بحالتها حتى مع تلف المعدة المتصلة بها.

- صعوبة اللي
- القدرة على تحمل درجات الحرارة العالية
- القدرة على مقاومة المواد الكيماوية عند اختيار أنواع مواد مناسبة
- عزم عال في حزمة صغيرة (أي كثافة طاقة عالية)
- سرعة عالية وقدرة كبيرة على استخدام أعمدة تدوير
- متوفرة من الحديد الصلب (ستينليس ستيل)
- بدون حركة ارتجاعية في العديد من الأنواع
- سعر منخفض نسبيًا لكل وحدة عزم يتم نقلها

- يلعب الإجهاد أو البلي دورًا رئيسيًا في حالات الخلل
- قد تحتاج إلى التزليق
- هناك أجزاء كثيرة يجب تركيبها
- تحتاج أغلبها إلى الموازنة الدقيقة
- عادة لا تقوم بتخميد الاهتزاز أو امتصاص الصدمات

- توصيل جيد للكهرباء، إلا إذا تم تعديلها بعوازل.

<u>حالة عدم التوازن مع وصلات التقارن المرنة</u>

هناك نوعان من عدم التوازن يحدثان مع وصلات التقارن المرنة 1) حالة عدم التوازن الزاوية التي تكون فيها الأعمدة غير متوازية؛ 2) حالة عدم التوازن المتوازي التي تكون فيها الأعمدة متوازية، لكن لا توجد على نفس المحور.

لفحص التوازن الزاوي:

1. أدخل المقياس ذو المجس أو محدد القياس في أية جوانب أربع قائمة الزاوية على حده حول أنصاف الوصلة.
2. أدخل الرفادات أسفل قدمي المحرك حتى تحصل على نفس القراءة عند نقاط الفحص الأربع. عندئذ تكون المضخة والمحرك في توازن زاوي.

ولفحص التوازن الزاوي في باستخدام المؤشر الدائري:

1. ثبت المؤشر الدائري بنصف وصلة المضخة حتى تستقر الكرية على سطح نصف وصلة المحرك.
2. ضع علامة طباشيرية عند نقطة اتصال الكرية بنصف الوصلة.
3. يجب تدوير كل من عمود المضخة وعمود المحرك بقدر متساو لأخذ القراءة عند جميع نقاط الفحص في وجود الكرية على علامة الفحص.
4. أدخل الرفادات أو اضبط المحرك، حسب الطلب.

لفحص التوازن المتوازي:

1. أمسك بمسطرة التقويم تجاه حواف أنصاف الوصلة في أية جوانب أربعة قائمة الزاوية على حدة. يجب أن تكون مسطرة التقويم متوازية مع المضخة وأعمدة المحرك طوال الوقت.
2. أدخل الرفادات حتى تستقر مسطرة التقويم تمامًا على كل من نصفي الوصلة عند نقاط الفحص الأربع. عندئذ تكون المضخة والمحرك في حالة توازن متوازي مناسب.

لفحص حالة التوازن المتوازي باستخدام لمؤشر الدائري:

1. يجب أن ترتكز الكرية على محيط نصف وصلة المحرك.
2. يجب وضع علامة طباشيرية عند نقطة التماس، كما يجب تدوير الأعمدة بالتساوي لأخذ القراءة عند وجود الكرية على العلامة الطباشيرية بجميع نقاط الفحص.
3. أدخل الرفادات، حسب الطلب.

ملاحظة:

أي تعديل لتصحيح أحد مسارات التوازن قد يؤثر على الاتجاه الأخر. فمن الضروري إعادة فحص كل من التوازن الزاوي والتوازن المتوازي بعد إجراء كل تعديل.

وكما هو الحال بالنسبة للمعدات الدوارة، يجب إجراء فحص دوري لتوازن الوصلة.

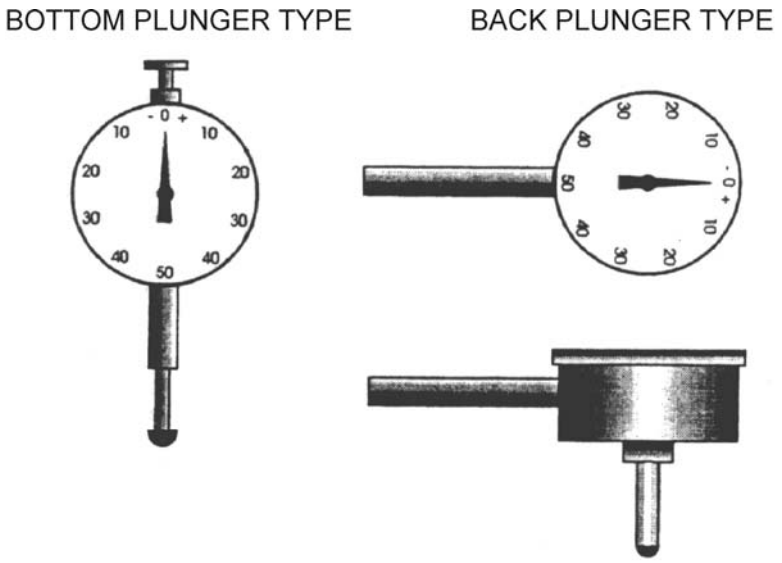
أدوات التوازن

هناط طرق عديدة متاحة لإجراء التوازن الدقيق، حيث يمكن لأي من هذه الطرق التوصل للنتيجة المطلوبة.
وبالرغم من ذلك، هناك أدوات تدقيق متعددة يكثر استخدامها في عمل التوازن. المؤشرات القرصية والمجموعات المتوازية ومحددات القياس والمقاييس ذات المجسات وشريط القياس ومسطرة القياس التي يبلغ طولها 6 بوصات والمرايا الصغيرة كلها مفيدة. ولكل من هذه الأدوات دور يقوم به لإجراء عمليات التوازن.

ربما تكون المؤشرات القرصية أوسع أدوات التدقيق استخدامًا.

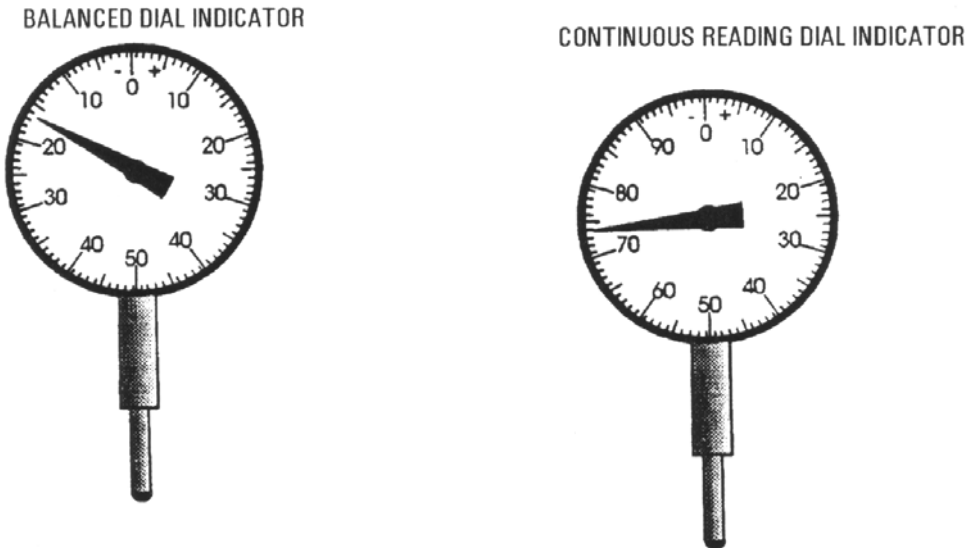
وهي متوفرة في أشكال وأحجام وأبعاد مختلفة. يستخدم الغاطس الخلفي في الغالب (انظر الشكل 9) لأخذ قراءات الإطار والواجهة على الوصلات، وذلك لقياس القدم غير الثابتة ومراقبة حركات الماكينةالدقيقة. ونظراً لصغر حجم المؤشرات الدائرية، فإن ذلك يجعلها سهلة وملائمة للاستخدام.

الهدف رقم 6
صف الأدوات المستخدمة في عملية التوازن



الشكل 9 – المؤشرات القرصية

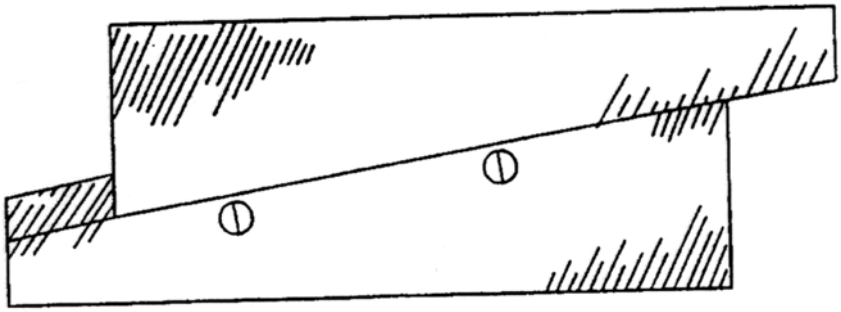
وتستخدم المؤشرات من نوع الغاطس السفلي لأخذ قراءات الإنتحاء الأقصى على الوصلات والأعمدة، وأيضًا لقياس عدم التوازن. ويوجد نوعان من هذه القراءة، إما قراءة متزنة أو قراءة مستمرة (راجع الشكل 10). ويبلغ قطر الأقراص 1.5 أو 2.5 بوصة. وأبعادها المستخدمة تتراوح بين .0.250 وحتى 12 بوصة. ودائمًا ما يستخدم مؤشر الحركة ذي القطر البالغ 0.0250 أو 0.500 بوصة في عمل التوازن.



الشكل 10 - أنواع المؤشرات القرصية

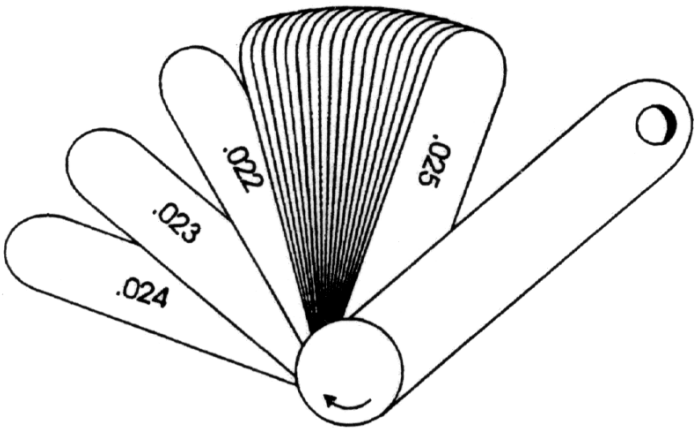
تستخدم المؤشرات المتوازية القابلة للضبط أو المنزلقة في قياس الفجوات أو الثغرات (انظر الشكل 11). وعادة ما تتوافر هذه المؤشرات المتوازية في مجموعات. وتتنوع المؤشرات المتوازية المنزلقة من حيث الطول من 1.75

وحتى 5-16/1 بوصة، ويبلغ سمكها 32/9 بوصة ويمكنها قياس أبعاد يتراوح قياسها مثلاً من 8/3 – 2/1 وحتى 1.75 – 2.25 بوصة. ولفحص حجم الفجوة يتم إدخال المؤشر المتوازي المنزلق ومده حتى يصل إلى الحجم المناسب. ويقاس المؤشر المتوازي عندئذ باستخدام مصغر خارجي لتحديد حجم الفجوة. ومن الممكن استخدام المؤشرات المتوازية المنزلقة لأخذ قراءات واجهة محور الوصلة.



الشكل 11 – المحاور المتوازية القابلة للضبط

"عداد قياس السماكة" النموذجي، المعروف أيضًا بـ "المقياس ذو المجس"، هو عبارة عن مجموعة مصغرة من رقاقات مصنوعة من الصلب ذات جودة عالية ومعالجة للحرارة ولها سماكات مختلفة (انظر الشكل 12). وعادة ما تتنوع الرقاقات من حيث السمك بمقدار 0.001 بوصة، حيث يتم توضيح حجم سمك كل رقاقة على سطحها.

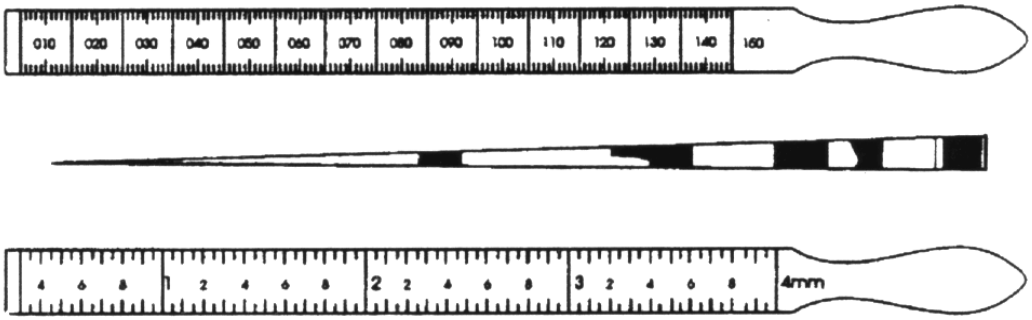


الشكل 10 - عداد قياس السُمك

عداد قياس السمك هو أداة القياس المعروفة لتحديد البعد الدقيق للفتحات الصغيرة أو الفجوات مثل هذه الفجوات التي يجب قياسها أثناء محاذاة الوصلة. ولتحديد بعد أحد الفتحات أو الفجوات، يتم إدخال الرقاقات المصنوعة من الصلب فرادى أو في مجموعات حتى يتم التوصل إلى رقاقة أو مجموعة رقاقات تكون مناسبة على نحو كاف. وعندئذ يجرى التأكد من البعد بواسطة الرقم الموجود على سطح الرقاقة أو - في حالة استخدام رقاقات متعددة - بواسطة تجميع الأرقام الموجودة على السطح.

وهناك نوع أخر من عداد قياس السمك، ليس معروفاً أو مستخدماً على نحو واسع، ولكنه يعتبر مناسب جدًا لتوازن الوصلة وهو محدد القياس، المشار إليه أحيانًا باسم "محدد قياس الفجوات (انظر الشكل 13). والميزة الرئيسية لعداد

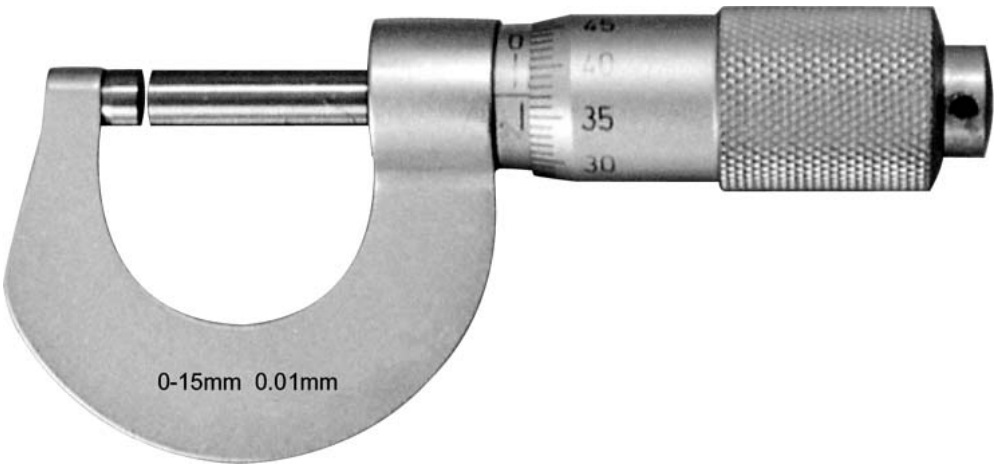
قياس السمك بالنسبة لتوازن الوصلة هو أنه يعطي قراءة مباشرة ولا يتطلب جساً بأسلوب التجربة والخطأ لتحديد قياس معين. ويتم إدخال طرف الأداة في أحد الفتحات أو الفجوات وتظهر قراءة حجم الفتحة على الواجهة المدرجة. ويظهر نظامان للقياس: بالبوصة والمتري.



الشكل 13 – محدد القياس

(

الميكرومتر الفكي الخارجي هو أداة قياس دقسقة أخرى تستخدم من أجل توازن الوصلة (الشكل 14). وكما يشير اسمه، يستخدم الميكرومتر الفكي الخارجي لقياس الأبعاد الخارجية.

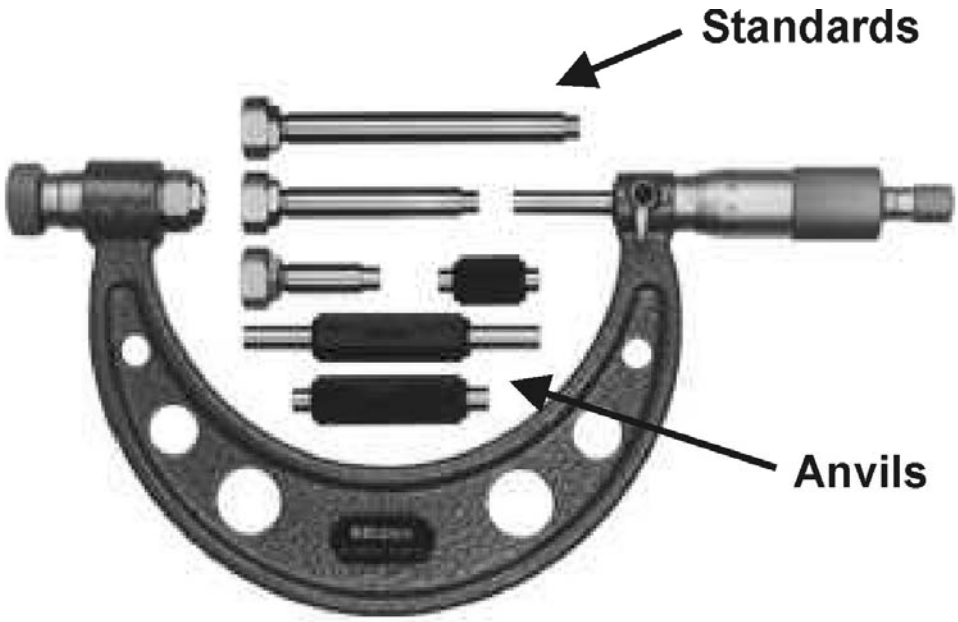


الشكل 14 – الميكرومتر الخارجي

أجهزة الميكرومتر الخارجية متوفرة في صورة وحدات مستقلة أو مجموعات كاملة. وتعطيك المجموعة الكاملة لأجهزة الميكرومتر ميزة القدرة على اختيار جهاز الميكرومتر المناسب للموقف المحدد.

وهناك نوعان من أجهزة الميكرومتر متوافران بصورة عامة. يحتوي أحد هذين النوعين من الأجهزة على ميكرومترات مختلفة الأحجام مزودة بمجموعة إطارات. ومثل هذه الأجهزة تحتوي على عدد يتراوح بين 3 و24 ميكرومتر بأبعاد تبدأ من صفر-3 وحتى صفر-24 بوصة. ويجوز تقديم مجموعات مختلفة من أداة التوقيف السقاطية وحلقة الاحتكاك وصمولة الزنق على أجهزة الميكرومتر بهذه الأجهزة. قد يتم تدريج أجهزة ميكرومتر من هذا النوع بجزء من الألف من البوصة، أو بجزء من عشرة آلاف من البوصة، أو جزء من مئة من المليمتر.

يحتوي النوع الثاني من جهاز الميكرومتر الخارجي على ميكرومتر خارجي مزود بمصدات قابلة للتبادل ومجموعة من الحاملات العمودية (انظر الشكل 15). وتتراوح الميكرومترات من هذا النوع من صفر-4 وحتى 20-24 بوصة وهي متوفرة أيضًا بقياسات مترية. ويستخدم الميكرومتر الخارجي المزود بالمصدات القابلة للتبادل باستمرار في هذا المجال لقياس أشياء متنوعة الأحجام. وللميكرومتر أداة توقيف قابلة للضبط وتوجد على المصد لتغيير البعد الكلي للمصد. وكلا هذان النوعان من جهاز الميكرومتر قادران على القياس في نفس نطاق الحجم وإخراج النتائج بدقة متساوية.



وصف الطرق المتا

الشكل 15 - الميكرومتر الخارجي المزود بمصدات قابلة للتبديل

شريط القياس يعتبر أداة أخرى مفيدة وضرورية عند إنجاز عمل التوازن. ويعتبر هذا الشريط جزءًا عامًا لمعظم الحرفيين، ولذلك فالوصف المفصل غير ضروري هنا.

من الممكن أن يكون ميزان الجيب بحجم 6 بوصات أكثر أداة توازن مألوفة لديك. وسيتم إجراء العديد من وظائف التوازن الخاصة بك باستخدام هذه الأداة. ولهذا النوع من التوازن مكانه، ولكنها ليست بطريقة دقيقة.

والمرآة الصغيرة هي جزء أخر مفيد جدًا يجب أن يكون موجودًا بصندوق الأدوات. ومن السهل محاولة قراءة المؤشر الذي قد يكون موجودًا بمكان يصعب الوصول إليه.

ومن المحتمل جدًا أن تكون الرفادات أهم أداة مستخدمة في إجراء التوازن. ويعتبر الوضع المناسب والسمك الدقيق أهم العناصر الحاسمة بالنسبة للمهمة. صارت الرفادات المصنوعة من الحديد الصلب (ستانليس ستيل) سابق القطع بسرعة الطريقة المفضلة لإجراء عملية تغيير الارتفاع الرأسي. ومن السهل جدًا استخدام هذه الرفادات، كما يتم تركيبها بسرعة، وعادة ما تكون هذه الرفادات دقيقة من حيث سمكها المضبوط.

طرق التوازن

من الواضح أن هناك طرقاً عديدة متوفرة حالياً لإجراء توازن الماكينات. وقد نشأت كل هذه الطرق تقريباً منذ أكثر من ثلاثين عامًا. ومفهوم التوازن ليس بجديد؛ كل ما هنالك أن معظم القائمين على تحقيق التوازن في الواقع لا يعون هذا المفهوم.

والهدف من هذا الجزء هو إطلاعك على أكثر الطرق المستخدمة حالياً شيوعاً. ويتم وصف كل هذه الطرق بتفصيل أكبر في جزء لاحق من دليل التشغيل هذا.

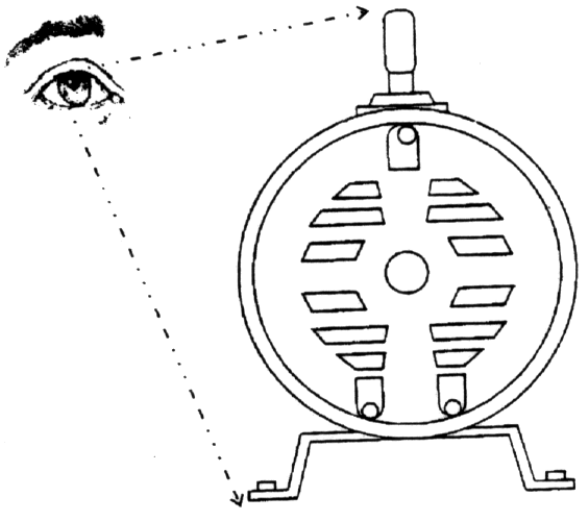
وكما هو الحال بالنسبة لأي طريقة، فهناك مكامن محتملة للخطأ، تماماً مثلما توجد مميزات. ويشير هذا الجزء إلى بعض من أكثر الجوانب وضوحًا الخاصة بكل طريقة. والطرق التي سنتعرض لها هي:

- طريقة الضبط المرئي
- طريقة مسطرة التقويم/المقياس ذو المجس
- طريقة الإطار والوجه (Rim and Face)
- طريقة القرص المتصالب (Cross Dial)
- طريقة القرص العكسي (Reverse Dial)
- طريقة الليزر (Laser).

طريقة الضبط المرئي هي أشهر طريقة للتوازن (انظر الشكل 16). تسمح طريقة الضبط المرئي للفنيين بتحليل ظروف العمل وجدوى التركيب عند استخدامها في التركيبات المبدئية.

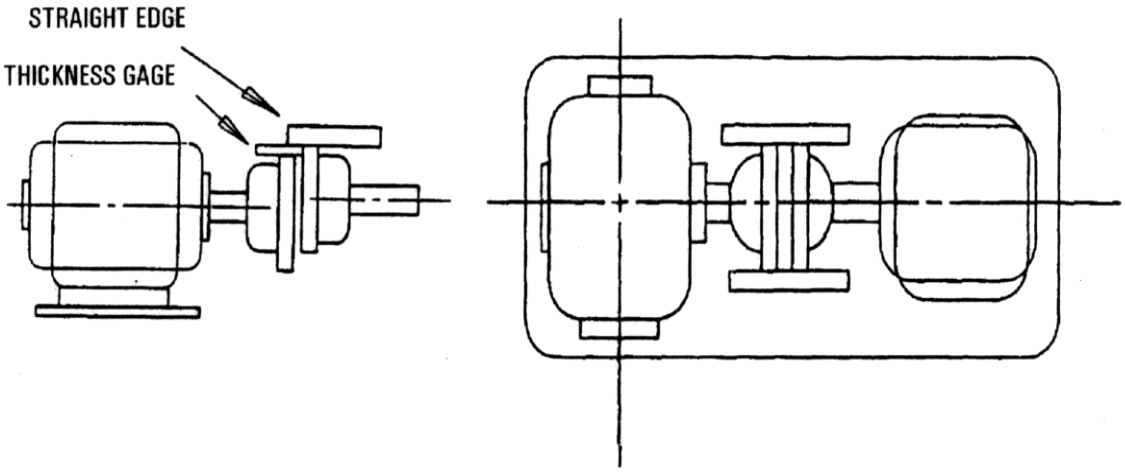
ملاحظ

هذه ليست طريقة للتوازن الدقيق



الشكل 16 – طريقة الضبط المرئي للتوازن

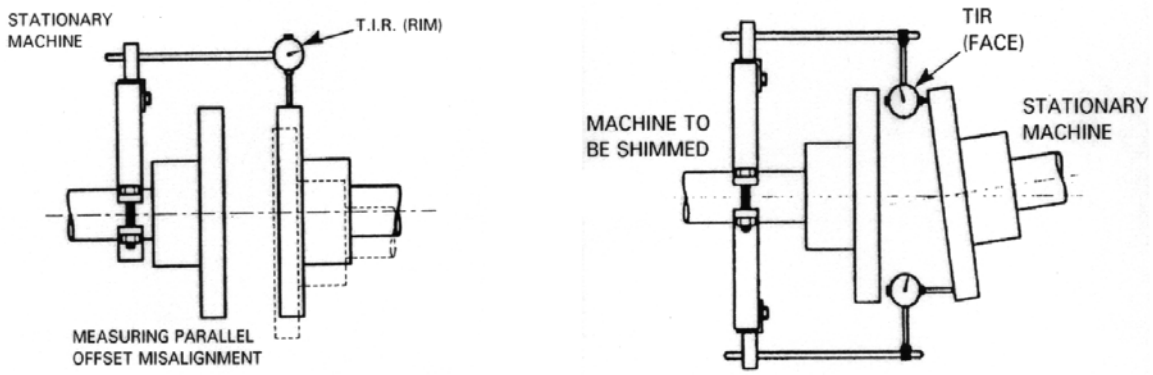
تستخدم مساطر التقويم لتحديد التوازي بين أنصاف الوصلة (انظر الشكل 17) ويتم إجراء عمليات التصحيح أسفل أقدام الآلة الأربعة. تقوم المقاييس ذات المجسات أو محددات القياس بقياس الفجوة بين أنصاف الوصلة بأسفل وأعلى الوصلة.



الشكل 17 – طريقة مسطرة التقويم/المقياس ذو المجس للتوازن

(Rim and Face)

هذه الطريقة تشبه استخدام طريقة مسطرة التقويم والمقياس ذو المجس في الأساس، لكنها أكثر بسبب استخدام المؤشرات القرصية. وتقوم قراءة الإطار بقياس التوازي بين أنصاف الوصلة، بينما تقيس قراءة الوجه الاختلاف الزاوي بين أوجه الوصلة (انظر الشكل 18). وتحسب التغييرات بنفس المعادلة المستخدمة في طريقة مسطرة التقويم/ المقياس ذو المجس.



الشكل 18— الأوضاع النموذجية لطريقة الإطار والوجه

المزايا:

1. تستخدم عند امكانية إدارة عمود واحد فقط.
2. توفير الاحنياطات السليمة يمكن من الحصول على التوازن الدقيق بهذه الطريقة.

العيوب:

1. تؤثر عوامة الجزء النهائي على قراءة الوجه.
2. يؤثر ارتخاء (إطار) كتيفة المؤشر على القراءات.
3. تتسبب الوصلة اللاتمركزية المائلة أو السطح التالف في حدوث أخطاء.
4. ارتخاء التثبيت.
5. عدم تعامد سواعد المؤشر على المؤشر.

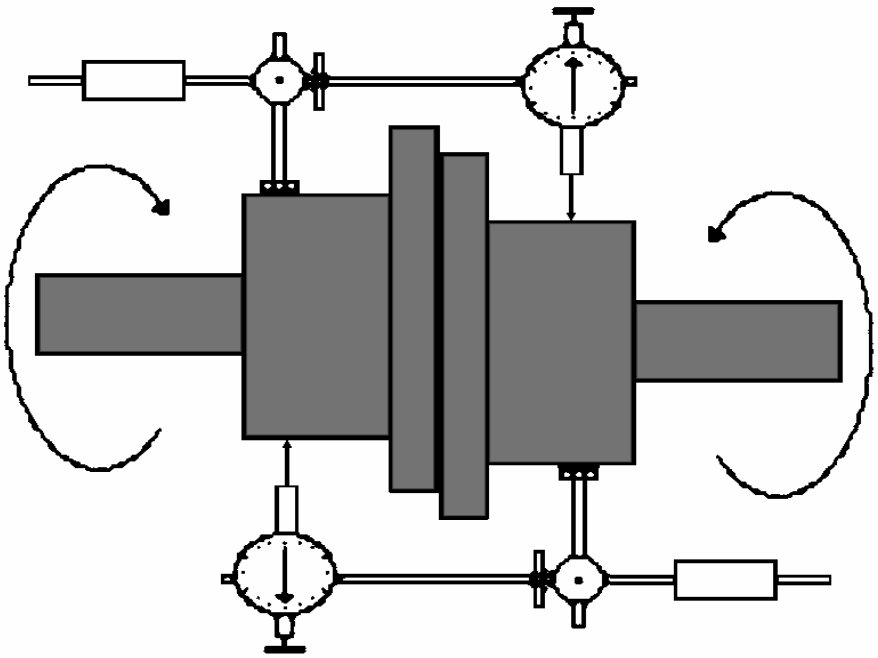
يجب فحص المؤشرات للتأكد مما يلي:

- الغواطس متساوية ومتوازية مع الأعمدة ومنخفضة بمعدل نصف حركاتها الإجمالية.
- المؤشرات على نفس البعد من محور العمود ويوجد كل منها في وضع معاكس تمامًا للأخر عند استخدام مؤشرين.
- نقاط التماس واقعة بين صمامات الوصلة في الاتجاه المحوري.

ضرورة التعويض عن الارتخاء الذي يزيد عن 0.001 بوصة في حالة عدم توافر كتيفات خالية من الارتخاء.

(Cross Dial)

تستخدم هذه الطريقة مؤشرين قرصيين، يركبان بحيث يكون بينهما 180 درجة شرقاً، لأخذ القراءات ما بين كل عمود وأخر. يجوز التعويض عن كل من عدم التوازن المتوازي والزاوي في نفس الوقت. وتسمح هذه الطريقة للوصلات بالبقاء متصلة لأنه يجب تحرك الأعمدة معًا. ويشير الشكل 19 إلى التركيب النموذجي لطريقة القرص المتصالب.



الشكل 19 – طريقة توازن القرص المتصالب

المزايا:

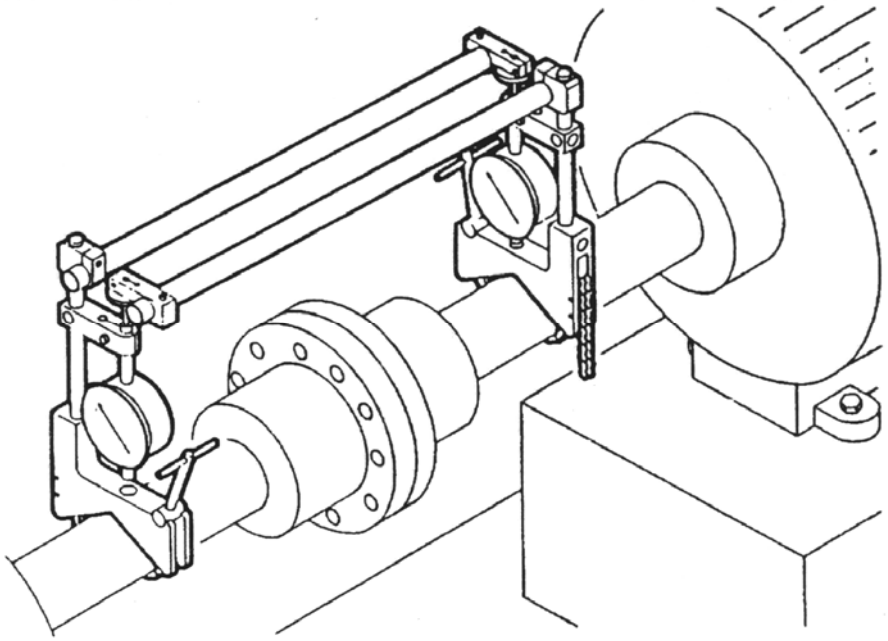
1. طريقة دقيقة جدًا تستخدم المؤشرات القرصية.
2. سهلة وسريعة الاستخدام.
3. طريقة مبسطة:
   - الحسابات التصويرية لعدم التوازن تعتبر غير فنية.
   - من الممكن أيضًا استخدام حاسبات الكمبيوتر أو الآلات الحاسبة الجيب.

ومصادر الخطأ هي:

1. ضرورة تعامد سواعد المؤشر على العمود.
2. يؤدي الارتخاء إلى قراءات غير دقيقة.
3. يؤثر ارتخاء (إطار) كتيفة المؤشر على القراءات.
4. الحركة الارتجاعية للوصلة.
5. الحركة المفرطة بين طرفي المحور.
6. يجب أن يكون كل مؤشر في مقابل كل منها الآخر.

(Reverse Dial)

تستخدم هذه الطريقة مؤشرين قرصيين يقومان بأخذ القراءات بين كل عمود وآخر، وهي تشبه تقريبًا طريقة القرص المتصالب، فيما عدا أن كل مؤشر يكون على نفس السطح مع بقية المؤشرات. ويتم جمع كل من التوازي والزاوية عند حساب التوازن. وتحدد هذه الطريقة عدم التوازن بواسطة أخذ قراءتين للإطار عند نقاط مختلفة بموازاة العمود (انظر الشكل 20).



الشكل 20 – طريقة توازن القرص العكسي

المزايا:

1. أكثر الطرق دقة وتستخدم المؤشرات القرصية.

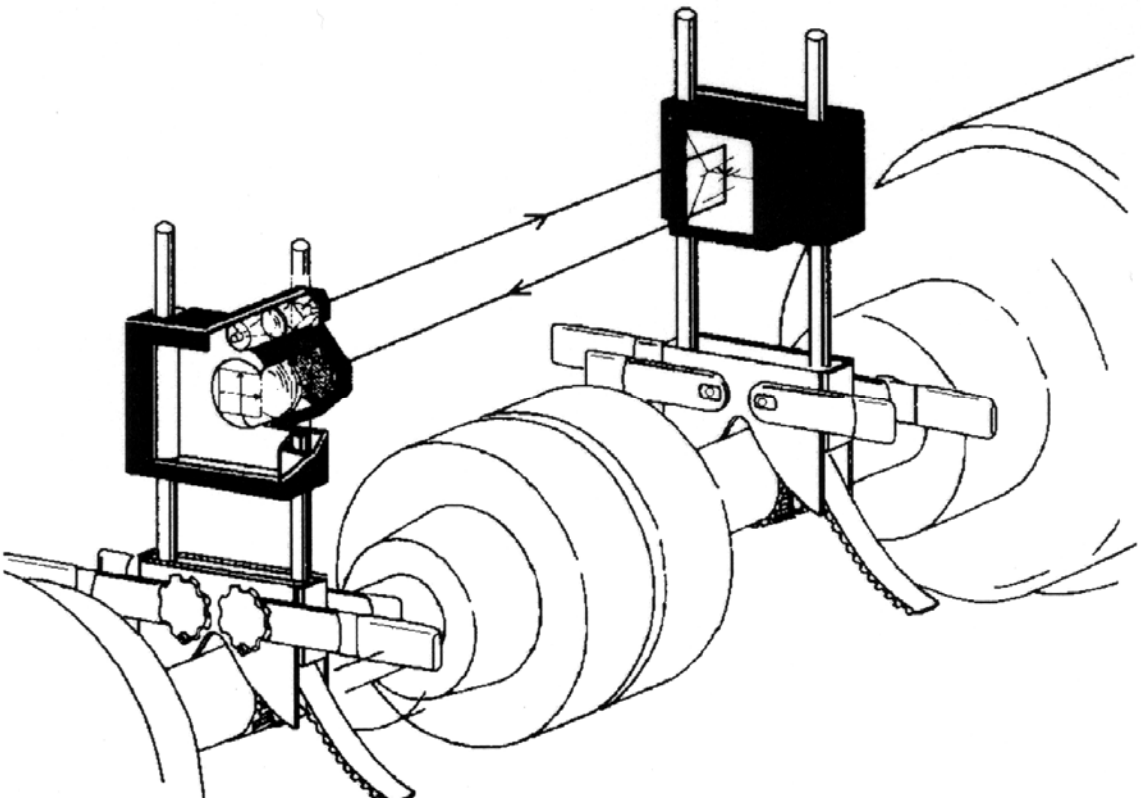
2. سهلة وسريعة الاستخدام.
3. طريقة مبسطة:
   - الحسابات التصويرية لعدم التوازن تعتبر غير فنية.
   - من الممكن أيضًا استخدام حاسبات الكمبيوتر أو الآلات الحاسبة الجيب.
4. تتطلب فقط حركة دائرية مقدارها 180 درجة.

ومصادر الخطأ هي:

1. ضرورة تعامد سواعد المؤشر على العمود.
2. يؤدي الارتخاء إلى قراءات غير دقيقة.
3. يؤثر ارتخاء (إطار) كتيفة المؤشر على القراءات.
4. الحركة الارتجاعية للوصلة.
5. الحركة المفرطة بين طرفي المحور.

(Laser).

تشبه طريقة توازن الليزر طريقة الإطار والوجه، لكنها تستخدم الضوء لاجتياز المسافة بين كل عمود وآخر. تقوم حركة شعاع الليزر على سطح جهاز الكشف بتحديد عدم التوازن عندما يبدأ كل من العمودين في الدوران (انظر الشكل 19).



الشكل 19 – طريقة توازن الليزر

المزايا:

1. أدق جهاز قياس متاح
2. السرعة: بالممارسة، يمكن إجراء حسابات التوازن بسرعة.
3. متصلة بحاسب آلي بواسطة سلك.
4. تتطلب فقط حركة دائرية للعمود مقدارها 180 درجة.
5. قدرات حركية أفقية.

ومصادر الخطأ هي:

1. الحرارة/ البرودة: يمكن أن يقوم الهواء بتشويه الليزر ويؤثر على حسابات التوازن.
2. الارتخاء في الكتيفات أو الأجزاء الثابتة.
3. الحركة الارتجاعية للوصلة.

ملخص

ماذا تعلم

يُعد توازن عمود الإدارة السليم شيئًا ضروريًا للحفاظ على العمر التشغيلي الطويل لكل الآلات الدوارة. النوعان الرئيسيان لعدم التوازن هما التوازي والزاوية. يمكن إيجاد كلا النوعين في المستويات الأفقية والرأسية. ولتحقيق هدفنا المتمثل في توازن عمود الإدارة الصحيح، يجب أن نعالج كلا نوعي عدم التوازن.

لقد لوحظ أن 50-75 بالمائة من كل مشكلات الاهتزاز في المعدات الدوارة تحدث بسبب عدم التوازن. تكون النتيجة الإجمالية لعدم التوازن هذا هي الإنتاج الضائع وانخفاض جودة المنتجات وارتفاع تكاليف الإصلاح وارتفاع نسبة قطع الغيار، ويؤدي كل ذلك إلى تقليل الأرباح.

لقد ناقشنا أيضًا الأدوات المستخدمة في التوازن. من المهم أن نعرف طريقة استخدام تلك الأدوات. في الفصول التالية، سوف نتعلم طريقة استخدام المعلومات وكذلك الأدوات لتحقيق توازن معدة من المعدات بشكل سليم. كذلك سوف نناقش كل طريقة من طرق التوازن بالتفصيل فيما بعد في هذا الدليل. وفيما يلي طرف التوازن التي تناولناها:

- الطريقة البصرية — أكثر الطرق المستخدمة شيوعًا أثناء التركيب المبدئي.
- مسطرة التقويم — تستخدم في تحقيق التوازن الأولي فقط (تنحصر دقتها عند ~0.010).
- طريقة الإطار والوجه (Rim and Face) — التوازن الدقيق، يقتصر على عمود دوار واحد فقط.
- طريقة القرص المتصالب (Cross Dial) . — التوازن الدقيق، دوران كلا عمودي التدوير.
- طريقة القرص العكسي (Reverse Dial) — هو نفسه القرص المتصالب، إلا أن المؤشرات توجد على نفس المستوى.
- طريقة الليزر (Laser). — يتسم بأعلى سرعة ودقة، ولكن يمنع استخدامه نتيجة تكلفته الباهظة.

أسئلة للمراجعة

1. أذكر خمسة أسباب شائعة لعدم التوازن.

2. آثار اختلال التوازن هي:
   a. ارتفاع مستويات الضوضاء
   b. انخفاض مستوى التعويل على المعدات
   c. انخفاض الأرباح
   d. كل ما سبق
3. اذكر ثلاث علامات على عدم التوازن.

4. ما هما نوعا عدم التوازن الرئيسيان؟

5. اذكر الطرق الثلاث الدقيقة لتحقيق التوازن.

الفصل 2

التحضير لعملية التوازن

مقدمة

قبل بدء عملية تحقيق التوازن، يوجد عدة أشياء يجب فحصها ومعالجتها. إذا حاولنا القيام بعملية تحقيق التوازن الدقيق قبل معالجة أي من هذه الحالات، فسيكون من الصعب الحصول على نتائج دقيقة. وإذا تجاهلنا أحد هذه العناصر أو أغفلناه، فإن الأثر الناتج على الآلة قد يكون إيقاف التشغيل الطارئ أو غير المجدول. لدرجة أنه قد يحدث تلف بالغ للآلات.

قائمة الفحص السابقة لتحقيق التوازن

أعدت هذه القائمة لتوفير الوقت في عملية تحقيق التوازن، لأن 90 بالمائة من المشكلات الناتجة عن التوازن يمكن تفاديها باتباع قائمة الفحص التالية قبل تحقيق التوازن. يجب استكمال أعمال الفحص تلك في كل مرة يتم فيها أجراء التوازن. لا تحتاج إلى اتباع ترتيب القائمة، ولكن يجب فحص كل عنصر على حدة.

1. قبل إيقاف تشغيل الآلة، سجل قراءات درجة الحرارة الخاصة بمستويات أقدام كل الآلات لتحديد ما إذا كانت أي من الآلات تخضع لزيادة حرارية.
2. راجع تاريخ الصيانة لأي معلومة قد تكون مفيدة.
3. ضع ملصق/قفل على الآلة التي سيتم العمل عليها. تأكد من سلامة كل الأفراد. فيما يتعلق بالمضخات، أغلق صمام السحب\الطرد للحماية ضد التدويم العكسي للمضخات.
4. نظف المكان المحيط بالآلة.
5. فك موانع التسرب الميكانيكية أو الحشو.

الهدف رقم 8
اشرح الفحوصات التي يتعين إجراءها قبل التوازن.

6. قبل تدوير أعمدة الدوران، تأكد من أن المحامل قد تم تزييتها جيدًا بنوع وكمية الزيت أو الشحم المناسبين. في حالة استخدام نظام زيت احتياطي، تأكد من حصوله على الصيانة المناسبة التي تجعله جاهزًا للعمل.
7. قم بتدوير أعمدة الدوران ببطء. أنصت وتحسس لاكتشاف أي إعاقة حركة\خشونة قم بالتدوير دائمًا في اتجاه دوران المعدات لمنع الحركة الارتجاعية لوصلات التقارن وعلب التروس.
8. افحص الآلة لاكتشاف المحامل المعيبة أو المتآكلة.
9. افحص وصلة التقارن لاكتشاف ما يلي:

- تخلخل أو انفكاك الأجزاء (الشبكات، أو الأسنان، أو الأقراص أو المواد الصناعية المرنة، إلخ).
- التركيب الجيد على عمود (تجويف مستقيم أو مستدق)
- الانحراف (لانتحاء الأقصى)
- بلى أجزاء الشبكة\الأسنان
- التزييت الجيد، ونوع الزيت المناسب وكمية الزيت المناسبة.
- ضبط إحكام المسمار الملولب
- طول المفتاح المناسب
- وجود علامات التناسب في المكان الصحيح
- المسامير والفلكات المناسبة: لاحظ الطول والآلات والوزن

10. افحص أعمدة التدوير في كلا الآلتين لاكتشاف:

- اتحاد المركز (لانتحاء الأقصى)
- الحركة في الاتجاه الرأسي والأفقي والمحوري أكبر من حدود المصنع المسموح بها.
- قم برفع المعدة على سطح مرتفع (أثر طبعة مفتاح الأنبوبة).

11. افحص قاعدة الآلة وأساسها لاكتشاف التشققات والأسطح المعوجة والتآكلات.

12. نظف القاعدة (بالقرب من الأقدام) من الصدأ والمواد الأخرى الغريبة.

13. عند استخدام الرفادات المصنوعة من الصلب الكربوني، انزعها وضع مكانها رفادات مصنوعة من الإستانليستيل سابق القطع. انزع أي رفادات يمكن أن تتشقق أو تلتوي أو تنثني أو تصدأ أو تقطع باليد أو النحاسية أو المعيبة.

14. ابدأ بوضع ا/8 (0.125) رفادة تحت كل قدم لتحقيق الضبط الرأسي، إن أمكن.

15. تأكد من صحة الوضعية المحورية للآلة، كذلك تأكد من أن وصلة التقارن سوف تسمح لكلتا الآلتين بالعمل في وضعيهما المحوري.

16. حدد المركز المغنطيسي للمحركات ذات اللعب الطرفي المحوري (المحامل الكُمية) وضع عليه علامة

17. قم بالفحص للتأكد من عدم وجود أي إجهاد في الأنابيب أو التوصيل الكهربائي (المرحلة الأولية)، إن أمكن.

18. تأكد من انفكاك كلا من مسماري الضبط اللولبيين الرأسي والأفقي. قم بتزييت الآلة لضمان التشغيل السلس.

19. انزع الألسنة من كلتا الآلتين.

20. افحص الآلتين جيدًا وقم وتخلص من الأقدام غير الثابتة من كلتا الآلتين.

21. تأكد من ربط كل مسامير الآلتين. افحص زيت المسامير اللولبية وانزع أي حلقات مقبية أو مخروطية.

22. حدد طريقة تحقيق التوازن التي سيتم استخدامها.

23. قم بتجميع التثبيتات، وتأكد من الدقة وحالة العمل.

24. سجل أبعاد الآلة.

لا يُقصد من هذه القائمة إجراء كامل بالتدريج. فقد تكون هناك عمليات فحص معينة أكثر ضرورية في مرافق مختلفة، بينما لا تطبق عمليات الفحص الأخرى. فالهدف هو إجراء فحص كامل لحالة الآلة قبل محاولة إجراء التوازن الدقيق. يصعب الحصول على الدقة بدون عمليات الفحص تلك.

القدم غير الثابتة

لفظًا يشيع فهمه بشكل خاطئ. من الناحية التاريخية كانت القدم غير الثابتة تعتبر سببًا غير جوهري أو سببًا ثانويًا لاهتزاز الآلات. حتى بدأ المتخصصون في الفترة الأخيرة يدركون أن قدرًا كبيرًا من اهتزاز الآلات يحدث بسبب حالة القدم غير الثابتة. يمكن أخذ هذا الموضوع في الاعتبار بشكل مستقل عن التوازن. إلا أن آثار القدم الثابتة سائدة بشكل كبير في عملية التوازن، ويجب التخلص منها قبل إجراء أي إصلاحات خاصة بالتوازن. تتضمن إجراءات وعلميات الفحص السابقة للتحقيق التوازن التخلص من القدم غير الثابتة، على الرغم من ذلك، يُفضل التأكد من عدم وجود حالة القدم غير الثابتة في كل مرحلة من مراحل تحقيق التوازن.

وتُعرف "القدم غير الثابتة" بأنها الحالة التي لا ترتكز فيها أقدام الآلة بنفس مستوى القاعدة".

ويكمن سبب عدم قدرة الفنيين على التخلص من حالة القدم غير الثابتة في عدم فهم أسباب القدم غير الثابتة بوضوح. حيث لا تعطي ممارسات القياس الشائعة صورة كاملة عن حالة القدم غير الثابتة الفعلية.

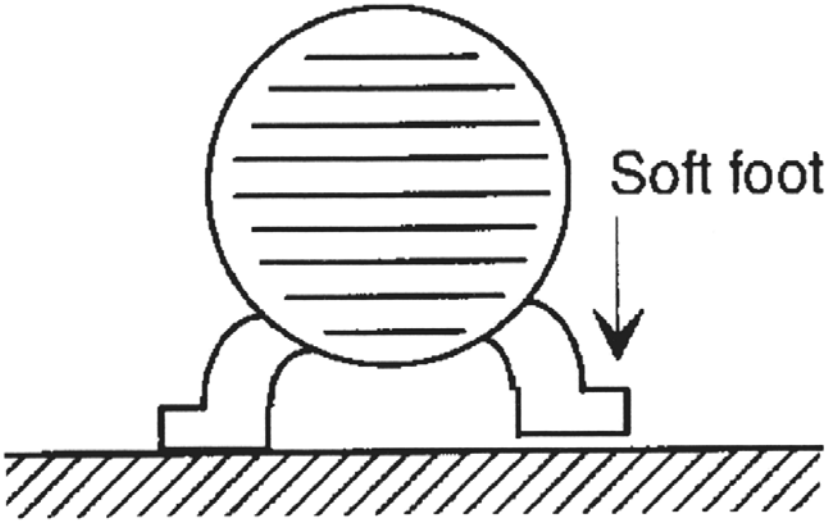
الهدف رقم 9
"القدم غير الثابتة"تعريف

ولكن لا يوجد تعريف مناسب يعرف الحالة بالضبط. وربما أن تقديم التعريف الحالة بالضبط. وربما أن تقديم التعريف بمصطلحات غير فنية سوف يكون أكثر فائدة في توضيح المشكلة.

هذه جلست على منضدة في مطعم من قبل ووجدت أن المنضدة تهتز عندما تتكئ عليها؟ هناك أحد الأرجل أقصر من . عندما يحدث ذلك، فإن الحل المنطقي هو العثور على نوع من الرفادات والتي تتمثل في علبة كبريت في معظم المطاعم، ووضعها تحت القدم التي لا تصل إلى الأرضية لعلاج اهتزاز الحركة.

تقع حالات مماثلة مع المعدات الدوارة حيث لا ترتكز أرجل الآلة بشكل مستو على القاعدة. ويشبه ذلك حالة المنضدة، إلا أن الحركة يتم قياسها باستخدام مؤشرات قرصية أو مقاييس مجسية. يمكن أن يولد إحكام ربط مسمار الإرساء قوة كافية لإغلاق الفجوة بين القدم والقاعدة ويظهر كأن المشكلة قد تم معالجتها، ولكن هنا تبدأ المشكلات بالفعل.

كما هو موضح في الشكل رقم (1)، لا يصف مصطلح "القدم الثابتة" بالضرورة الحالة الفعلية للقدم لأن القدم ليست بالفعل غير ثابتة.



الشكل 20- القدم غير الثابتة

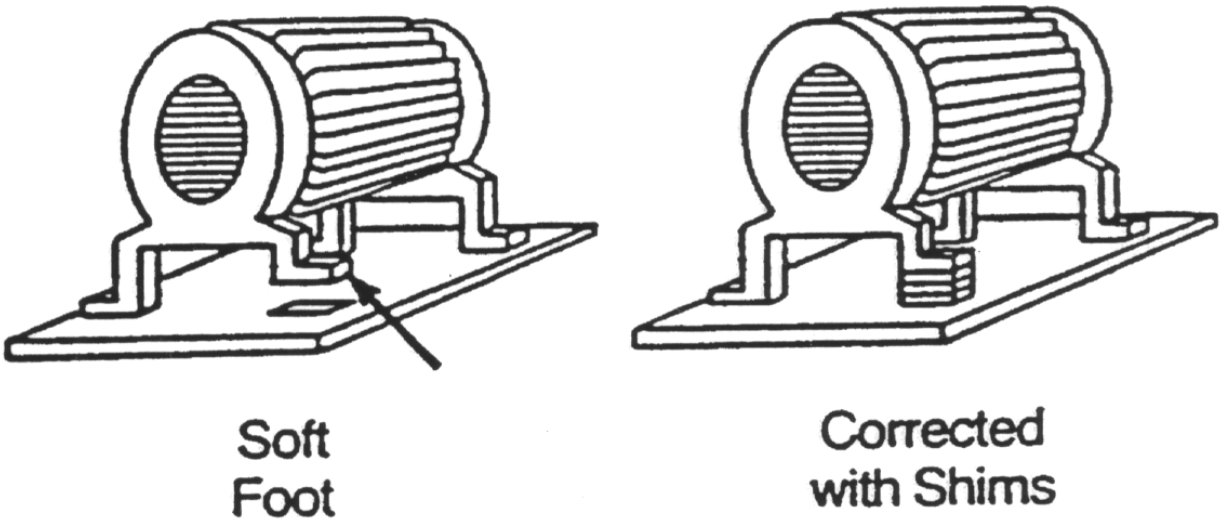
لخدمة غرض هذه المناقشة، سوف نستخدم مصطلح "القدم غير الثابتة"، مع الأخذ في الاعتبار أنه يمكن تسميته بأسماء عديدة.

تشوه إطار الآلة

الهدف رقم 10
القدم غير الثابتة "وصف تأثيرات في مجموعة آلات.

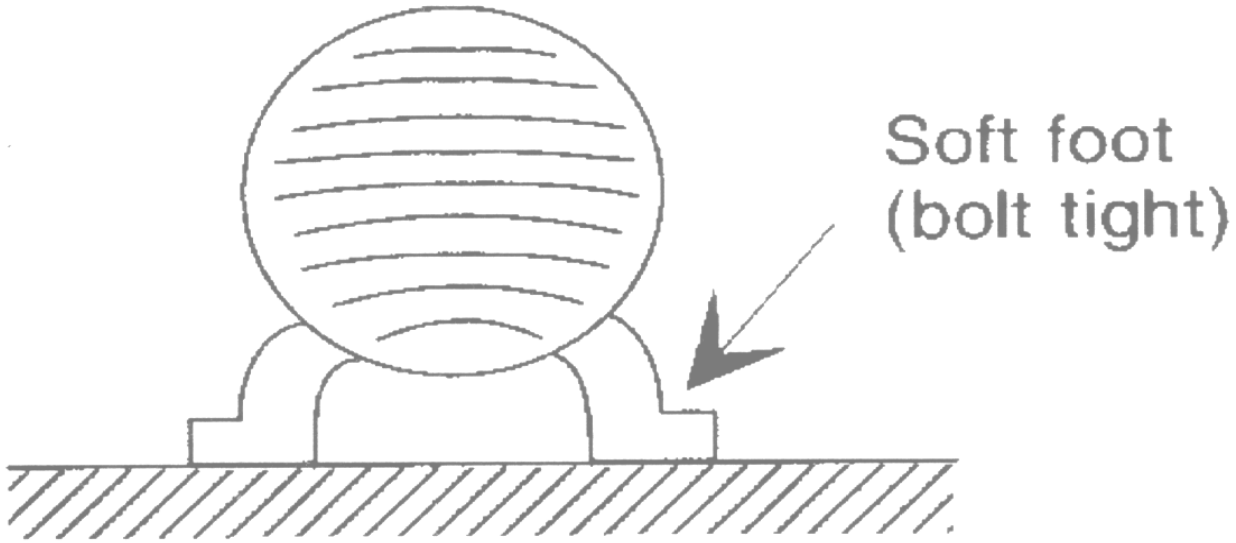
ينجم اعوجاج إطار الآلة عن التغيرات التي تحدث في إطار الآلة داخليًا أو خارجيًا. يسبب ذلك في أحيان كثيرة انحراف أو تحرك عمود الإدارة أثناء إحكام ربط مسمار الإرساء عند حدوث حالة القدم غير الثابتة.

يمكن شرح تشوه إطار الآلة بكل سهولة من خلال مثال بسيط عن القدم غير الثابتة. تخيل آلة تعاني من حالة القدم غير الثابتة. نتيجة انفكاك مسامير الإرساء اللولبية، لا ترتكز أحد الأرجل على القاعدة. لا يوجد إجهاد داخلي مبذول على الآلة في هذه الحالة. ويظهر ذلك من خلال الخطوط الأفقية المستقيمة عبر الآلة (راجع الشكل 21).



الشكل 21 – الآلة (منظر طرفي) قدم غير ثابتة وخطوط ذات إجهاد متساو

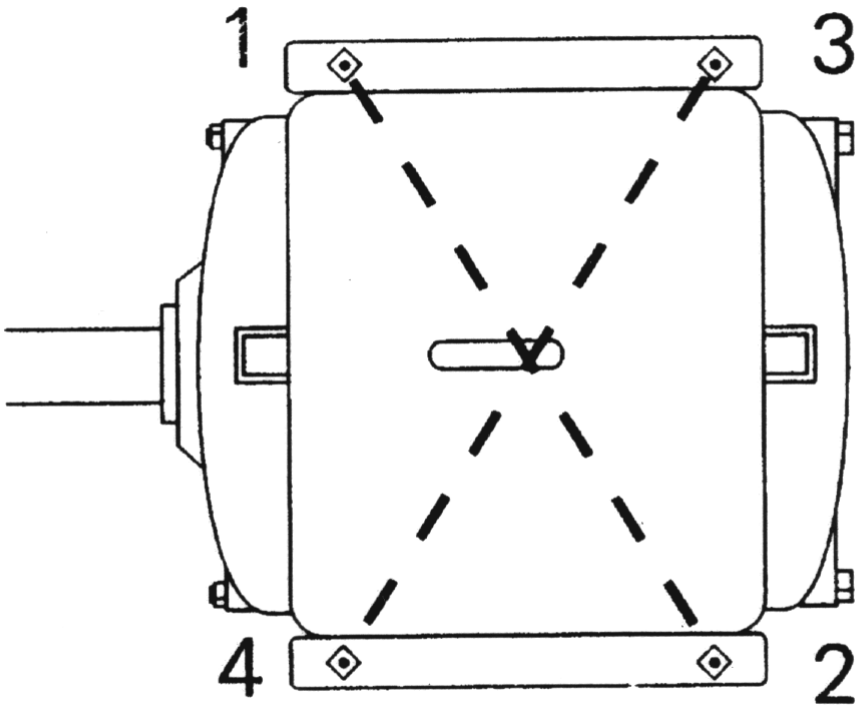
سوف يسحب إحكام ربط مسمار الإرساء القدم إلى أسفل حتى تصل إلى القاعدة مما يؤدي إلى إغلاق الفجوة. إلا أن ذلك، يولد إجهادًا على إطار الآلة، ويظهر ذلك من خلال تقوس الخطوط على إطار الآلة الذي يعرض التشوه الناشئ نتيجة إحكام ربط المسمار (راجع الشكل 22).



الشكل 22 – تقوس الخطوط على الآلة نتيجة إحكام ربط مسمار الإرساء

يمكن أن ينتج عن تشوه إطار الآلة العديد من الآثار على وضعية عمود الإدارة. يمكن أن تتغير وضعية عمود الإدارة عند انفكاك مسامير الإرساء وإحكام ربطها عند وجود حالة القدم غير الثابتة. إن استخدام قيم وأنماط الربط الصحيحة

لمسامير الإرساء يعتبر عاملاً مفيدًا، ولكن ذلك لا يقضي تمامًا على التغير في حركة عمود الإدارة (راجع الشكل 23).



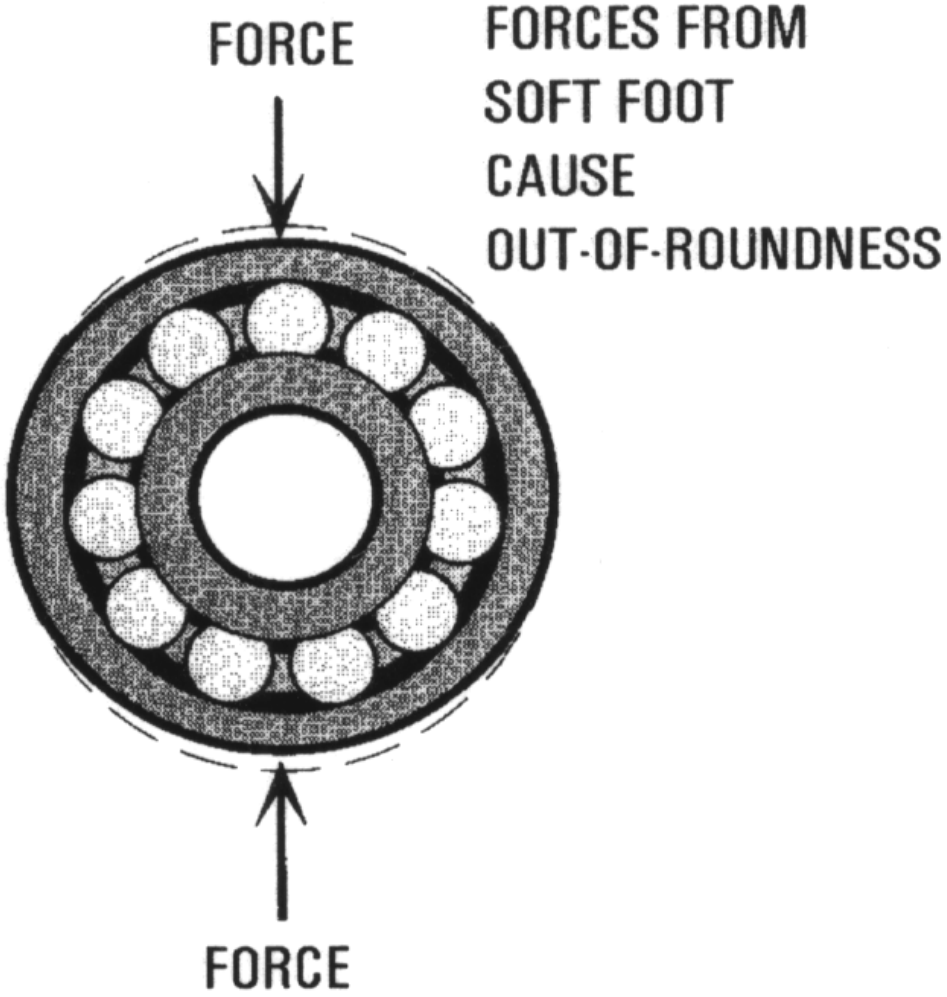
الشكل 23 – نموذج عزم اللي الصحيح

غطاء المحمل المشوه

في حالات أخرى، يمكن أن يسبب تشوه إطار الآلة تشوه غطاء المحمل. يمكن أن ينجم عن ذلك البلى الشديد على سطح أو قاع مدرجة الكريات. تنشأ قوى نتيجة القدم غير الثابتة والتي عادة ما يكون لها قوة فعالة على بعد 180 درجة وبالتالي تولد حالة تحميل مسبق على أحد جانبي المحمل.

يمكن أن تسبب التغيرات التي تحدث في وضعية عمود الإدارة نتيجة حالة القدم غير الثابتة مشكلات أخرى داخل الآلة. د قد يغير التشوه من وضعية أحد المحامل الذي من شأنه أن يسبب زيادة البلى.

كذلك يمكن أن يسبب تشوه إطار الآلة أيضًا عدم توازن داخلي بين المحامل. يسبب إحكام ربط مسمار الإرساء تشوه إطار الآلة مما يؤدي إلى حدوث حيود بين المحامل. في الواقع تسبب الزاوية التي يصنعها عمود التدوير بين المحامل الداخلية والمحامل الخارجية عدم توازن داخلي بين المحامل، يظهر الشكل 24 أحد المحامل المشوهة.

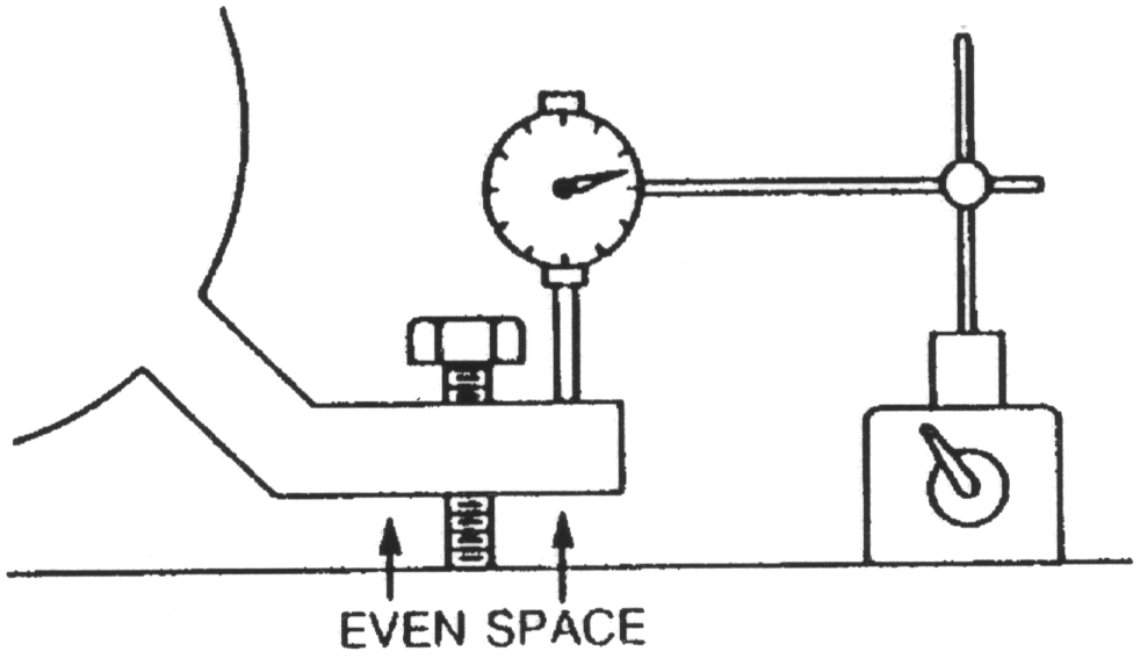


الشكل 24 تشوه المحمل

فيما يلي شرح تفصيلي للأنواع العديدة للقدم غير الثابتة.

الفجوة الهوائية أو القدم غير الثابتة المتوازية

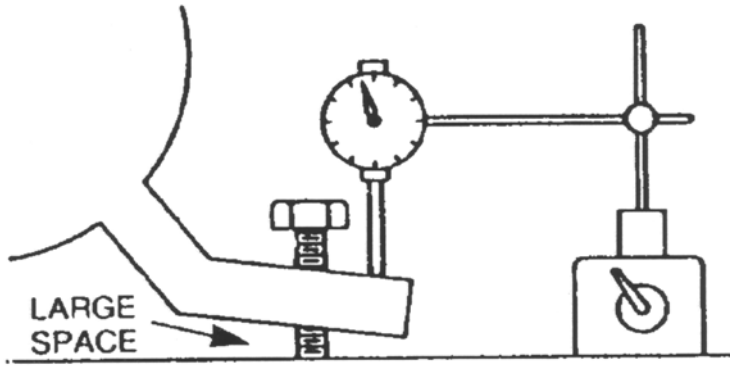
أكثر أنواع القدم غير الثابتة شيوعًا هو القدم غير الثابتة المتوازية أو المستقيمة. عند انفكاك مسمار الإرساء، لا يصل القدم بكل بساطة إلى القاعدة، وبالتالي تنشأ فجوة بين القدم والقاعدة. يكون قاع القدم موازيًا لصفيحة القاعدة. من السهل اكتشاف هذه الحالة سواء باستخدام المقياس المجسي أو المؤشر القرصي، إلا أن هذه الحالة نادرًا ما تحدث (راجع الشكل 25).



الشكل 25- القدم غير الثابتة المتوازية

القدم الملتوية لأسفل

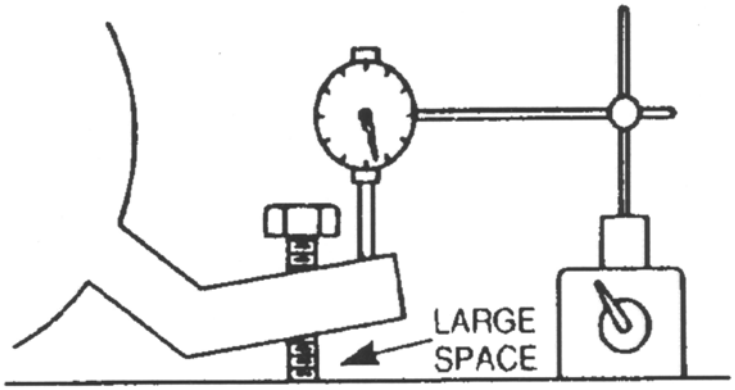
هناك حالة أخرى أكثر شيوعًا، تعرف باسم "القدم الملتوية". في هذه الحالة تلمس القدم القاعدة في الجزء الخارجي، ولكن الجزء الداخلي من القدم ملتو صانعًا بذلك زاوية بين القاعدة وقاع القدم. عند إحكام ربط مسمار الإرساء، سوف تنحرف القدم وتشوه إطار الآلة ويعتمد ذلك على أجزاء الإطار التي ستنثني (راجع الشكل رقم 26).



الشكل 26 – القدم الملتوية لأسفل

القدم غير الثابتة الملتوية لأعلى

قد يحدث أيضًا التواء للقدم ولكن لأعلى، بحيث لا تلمس الحافة الخارجية القاعدة ويحدث الانحراف عبر الجزء الخارجي من القدم. سوف ينتج عن إحكام ربط مسمار الإرساء تشوه إطار الآلة أثناء سحب الجزء الداخلي من القدم إلى أسفل باتجاه القاعدة (راجع الشكل 27).



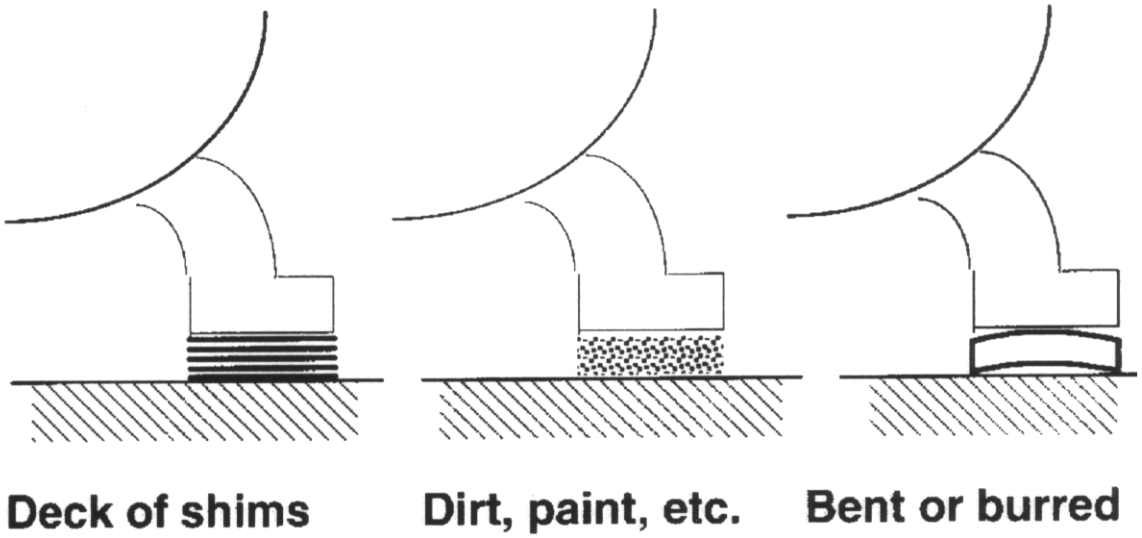
الشكل 27- القدم غير الثابتة الملتوية لأعلى

يمكن أن يسبب أيًا من تلك الحالات حدوث تشوه للإطار، إلا أن القاعدة المعوجة أو المغايرة قد تسبب نفس النتيجة مثل القدم الملتوية.

القدم الإسفنجية\الزنبركية

في هذه الحالة لا توجد فجوة تحت القدم عند إجراء الفحص باستخدام المقياس المجسي. تُوضع الرفادات تحت القدم لتحقيق توازن الآلة، أو للتخلص من القدم غير الثابتة. إن استخدام الكثير من الرفادات أو الرفادات الملتوية أو

المطوية تحت القدم يؤدي إلى إنتاج حالة من حالات القدم غير الثابتة. ويعرف ذلك باسم "القدم الإسفنجية\ الزنبركية". قد لا يبدو أن هذه الحالة تحدث، لذا قد يساعد مثال في شرح هذه النقطة (راجع الشكل 28).



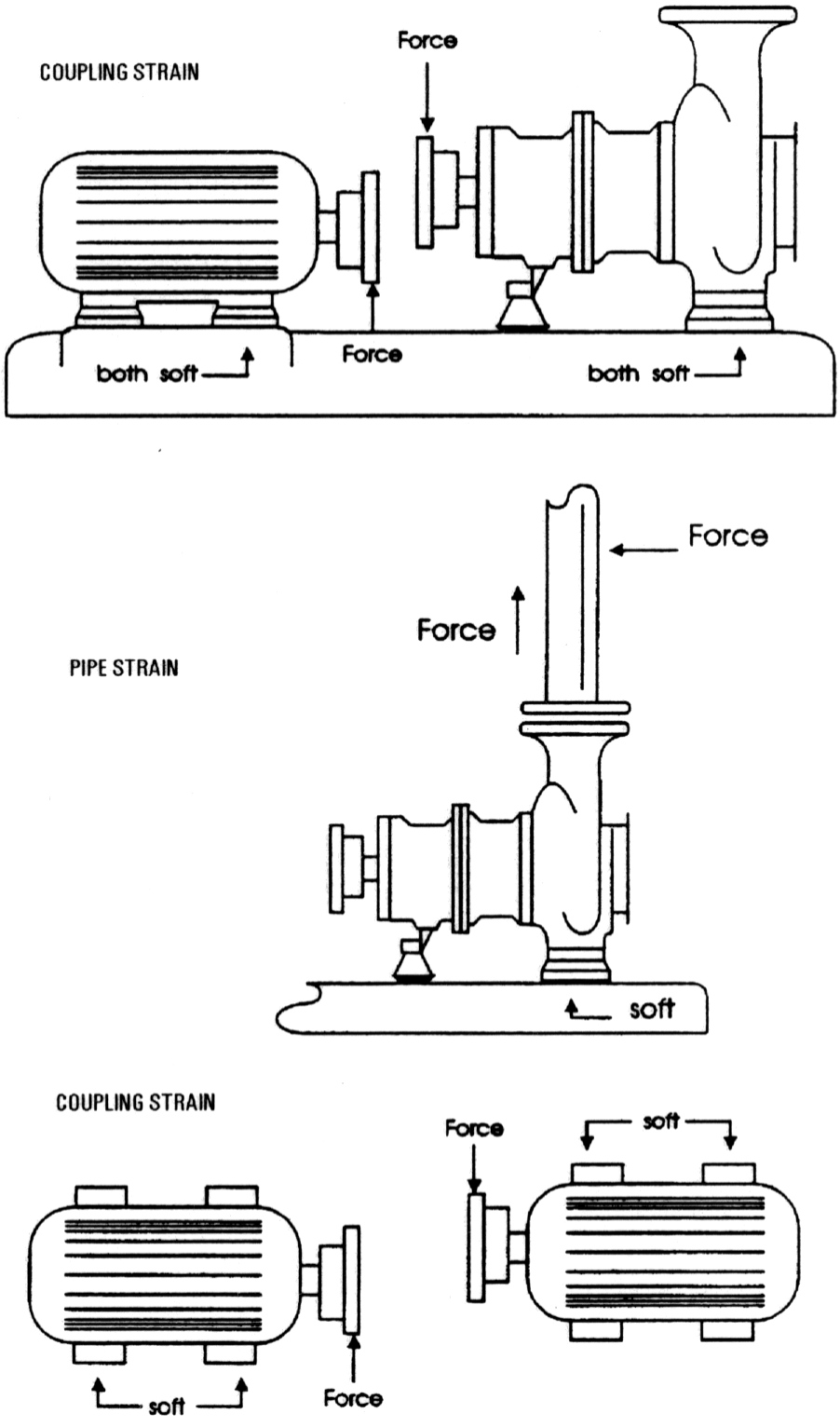
الشكل 28 – القدم الإسفنجية\ الزنبركية

تتراكم مجموعة جديدة من ورق اللعب تحت القدم ولكنها تكون أقصر من المجموعة القديمة، ليس لأن الأوراق سميكة، ولكن أن تراكم الزيت والأتربة فوق كل ورقة وكذلك انثناء الأوراق وتغضنها. يحدث نفس الشيء مع الرفادات. بمكن أن يزيد الشحم والأتربة والصدأ والطلاء والحشو المعدني والمواد الأخرى من سمك الرفادة. يمكن أن يسبب الالتواء والتغضن انهيار الرفادات تحت الضغط.

إذا تضاعفت هذه العوامل بسبب العديد من الرفادات، فيمكن أن تُصاب مجموعة الرفادات بالتأثير الزنبركي. سوف يتحرك القدم عند إحكام ربط مسمار الإرساء أو فكه. تحدث حالة القدم غير الثابتة حتى ولو لم يكن هناك فجوات، حيث تتحرك القدم عند إحكام ربط المسار.

حالة القدم غير الثابتة المستحثة بالضغط

ربما تنتج أصعب حالات القدم غير الثابتة التي يمكن اكتشافها عن القوى الخارجية للآلة، ويعرف ذلك بالقدم غير الثابتة الناتجة عن الضغط أو المستحثة بالقوة. ويمكن أن يكون ذلك نتيجة الإجهاد أو الضغط على الأنبوبة المستحث من الوصلات الكهربائية بالإضافة إلى الخلل الشديد في التوازن. ويمكن أن يستحث أيضا الرابط الموجود في وصلة التقارن القوى الخارجية لإحداث حالة من القدم غير الثابتة(راجع الشكل 29).



الشكل 29 - القدم غير الثابتة المستحثة

يمكن أن تحدث قوى الإجهاد المستحثة خلال أية مرحلة في عملية التوازن؛ وبذلك ربما يحتاج إزالة هذا النوع من القدم غير الثابتة إلى القيام بإجراء أكثر من فحص.

من الممكن أن تشكل القدم غير الثابتة مشكلة كبيرة؛ وإذا أجريت محاولات لإعادة التوازن في الآلة التي تعاني من حالة عدم التوازن في القدم غير الثابتة، فإن التفسيرات المتضاربة تجعل حساب التوازن صعبا بصرف النظر عن طريقة التوازن المستخدمة.

تؤدى معظم عمليات التوازن بدون إجراء فحص للقدم غير الثابتة في كل جوانب الأنشطة الصناعية. ويرجع السبب الرئيسي إلى التحليل الناقص، والنتائج المترتبة على ذلك، التي أثق بأن الكثير منا قد واجهوها، هي ساعات الإحباط وتعريض التوازن للخطر وعدم عمل الآلات بالشكل السلس بقدر الإمكان. إذا تم تصحيح القدم غير الثابتة بعد إتمام عملية التوازن، ربما تؤدي أي تغييرات يتم إجرائها في رقيقة الضبط إلى تغيير التوازن.

وللحصول على ألآت تعمل بشكل سلس، لا بد من إزالة القدم غير الثابتة الموجودة على كل من ألآت الإدارة والآلات التابعة قبل إجراء التوازن.

ويعد فهم الأنواع المختلفة للقدم غير الثابتة ضروري لفحص طرق القياس المتنوعة وتصحيح انعطاف القدم غير الثابتة الذي يسبب تشوه في إطار الآلة. ولا تقوم الطرق المختلفة دائما بإجراء قياس دقيق للقدم غير الثابتة، وفي حالة عدم فهم العامل للإجراءات الصحيحة فهما تاما، ربما يصعب اكتشاف حالة القدم غير الثابتة.

في الظروف المثالية، يتم صنع كل من صفيحة القاعدة والأقدام بشكل مستو لكي يلتصقا بمسافة واحد ميلي عند تركيب الآلة؛ وعلى الرغم من ذلك في معظم الأحوال، لا تكون القاعدة سطحا مستويا ويمكن أن يتغير حجم القدم غير الثابتة اعتمادا على موقع أقدام الآلة على القاعدة. ونظرا لأن تحرك الآلة على القاعدة ربما يؤدي إلى تغيير في القدم غير الثابتة، يتعين إجراء توازن أولي قبل فحص القدم غير الثابتة.

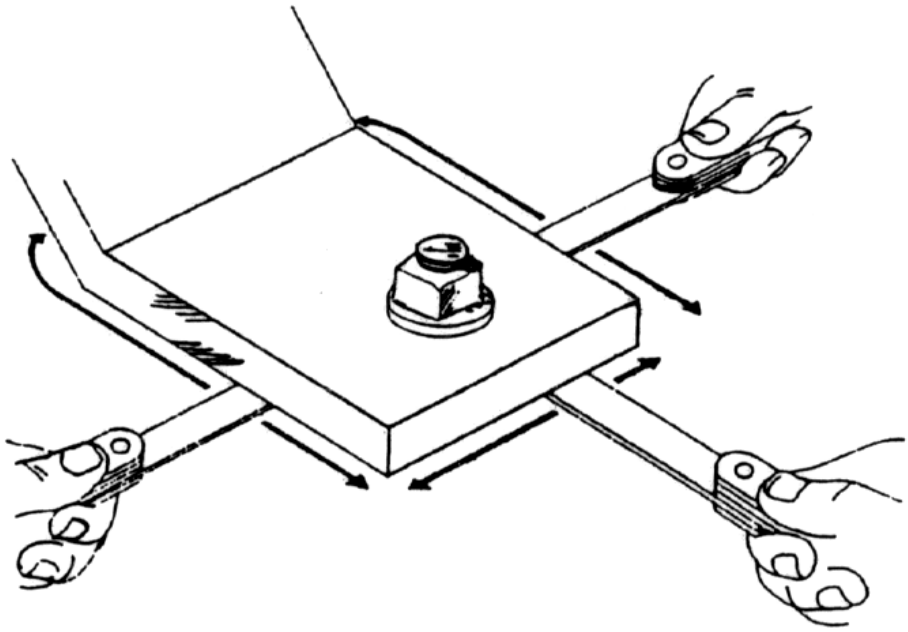
11 رقم الهدف
شرح طريقة اكتشاف القدم غير الثابتة وقياس.

ومن الممكن تغيير القدم غير الثابتة خلال عملية التوازن، ولذلك سيكون هناك بعض التردد بين تصحيح عدم التوازن وفحص القدم غير الثابتة خلال التوازن. وسيتم في ذلك الوقت القيام بفحص تغييرات القدم غير الثابتة التي تحدث خلال حركات الضبط ومراحل التوازن الدقيق.

الهدف رقم 13
تصحيح القدم الثابتة أثناء عملية التوازن.

وعندما تصبح الماكينات تقريبا في وضعها النهائي، يمكن حينئذ القيام بإجراء فحص أولي للقدم غير الثابتة؛ وتسير إجراءات اتخاذ قرار مبدئي بشأن القدم غير الثابتة كما يلي:

1. قم بفك مسامير الربط، مسمار واحد في كل مرة، وفحص أية فجوة تحت الأقدام باستخدام المقياس التحسسي (راجع الشكل 2).



الشكل 30 - قياس القدم غير الثابتة

2. قم بإزالة الفجوة الموجودة تحت القدم من خلال وضع أكبر رقيقة ضبط واحدة لتغلق الفجوة الموجودة تحت كل قدم وذلك دون حاجة إلى رفع المكينة.

3. وفي حالة بقاء أية فجوة، قم بوضع رقائق ضبط إضافية تحت كل قدم لغلق الفجوة المتبقية.

وفي العديد من المرات يعد من الأسهل استخدام دعامة رقيقة ضبط كمقياس تحسسي في إزالة القدم غير الثابتة المتبقية. قم ببساطة بزلق رقيقة الضبط في الموضع تحتها حتى تتوقف. لا تدفع رقيقة الضبط بالقوة لإدخالها في المكان، لأن ذلك سوف يؤدي إلى رفع القدم وبالتالي من الممكن أن يؤدي إلى عدم ثبات الأقدام الأخرى، والغرض من إجراء فحص أولي للقدم غبر الثابتة هو إزالة أية فجوة تحت القدم. وباستخدام هذا الإجراء اكتشف أن الفحص المبدئي للقدم غير الثابتة من الممكن أن يزيل ما يصل إلى 90 بالمائة من القدم غير الثابتة الموجودة في الماكينة.

وعند إتمام عمليات الفحص المبدئية للقدم غير الثابتة مع عمليات الفحص التي يتم إجراؤها قبل التوازن، يصبح الفني جاهزا للانتقال لمرحلة ضبط التوازن. إننا نرغب في إجراء فحص للقدم غير الثابتة للمرة الثانية بعد إتمام كافة عمليات الضبط للتأكد من أننا لم نحدث أية حالات شد أو قوى على إطار الماكينة والذي من شأنه إحداث حالة قدم غير ثابتة.

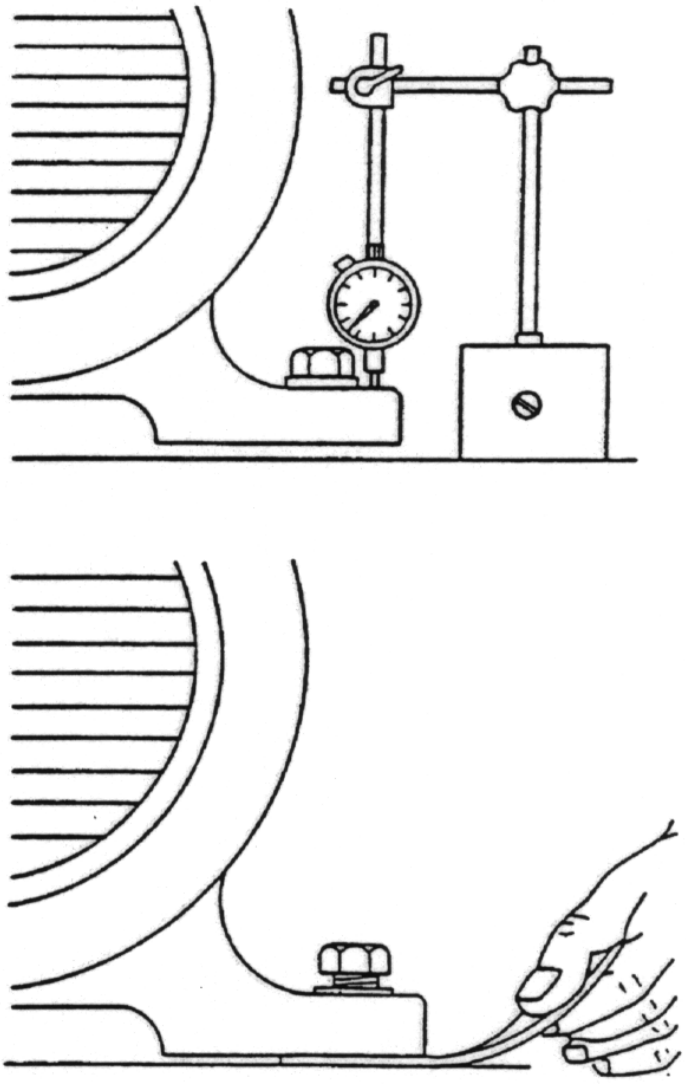
ومع إتمام الفحص المبدئي للقدم غير الثابتة، يجب إحكام شد كافة مسامير الربط بما يتفق مع مواصفات عزم الدوران الصحيحة عند الفراغ من فحص التوازن في مرحلة الضبط. ومن الشائع في هذه المرحلة القيام بفحص القدم غير

الثابتة من خلال فك مسمار واحد في كل مرة وقياس الانعطاف باستخدام المقياس التحسسي أو باستخدام مبين بقرص مدرج تم تركيبه على القاعدة.

تتضمن إجراءات فحص كل قدم القيام بفك كل مسمار من مسامير الربط بواقع مسمار واحد في كل مرة وترك المسامير الأخرى محكمة الربط. قم بوضع مؤشر بقرص مدرج على القاعدة على القدم لكي يصبح القرص المدرج عمودي على أعلى القدم من أجل الحصول على القراءة الدقيقة. تأكد من أن ساعد القرص المدرج لن يعوق المسمار أو مفتاح الربط. وإذا اصطدم القرص المدرج بالمفتاح أثناء فك المسمار فسيؤدي ذلك إلى عدم دقة القراءة،

وعندما يكون القرص المدرج في موضعه، قم بضبطه على صفر ثم قم بفك مسمار الربط. سوف يقاس حجم انعطاف القدم غير المتوازنة على مبين القرص المدرج. لاحظ أن ذلك سيكون رقم موجب دائما وذلك لأن القدم سوف تبعد عن القاعدة دافعة ساعد القرص المدرج ناحية الداخل مما يعطي قراءة موجبة. وفي حالة إعطاء القرص المدرج رقم سالب، قم بفحص القاعدة من أجل التعرف على انعطاف دعامة المؤشر أو حركتها.

وفي العديد من الحالات يعد من الصعب وضع مؤشر القرص المدرج على القدم وذلك بسبب وجود حيز خلوص صغير بين القدم وإطار الماكينة. وعند حدوث ذلك، يمكن استخدام مقياس تحسسي لقياس الفجوة الموجودة تحت القدم (راجع الشكل رقم 3).



الشكل رقم 31 – قياس الفجوة

إن إضافة رقيقة ضبط ذات سمك مساوٍ للقيمة المقروءة على المؤشر أو مساو للقيمة المقروءة من خلال المقياس التحسسي لن يزيل دائما القدم غير الثابتة. وتتمثل المشكلة في أن القدم بأسرها في العديد من الحالات لا تنعطف بنفس المقدار، وكما رأينا أنه يوجد العديد من نماذج انعطاف القدم غير الثابتة.

ويمكن أن تعطي المؤشرات قراءات خاطئة في حالة تركيب الماكينة على صفيحة قاعدة رفيعة عندما يكون مسمار ربط القدم محكم الشد أو سائبا. وبناء على ذلك، يوصى باستخدام كل من المؤشرات والمقاييس التحسسية إذا كانت متاحة.

نحن نريد فحص كل قدم على كلتا الماكينتين من أجل التعرف على انعطاف القدم غير الثابتة والقيام بعمل التصحيح اللازم. إذا قمت ببساطة بإجراء فحص للقدم ثم إضافة رقائق ضبط، ربما تتسبب في تلك الحالة في خلق مشاكل أكثر من المشاكل التي تزيلها، وسوف تحقق هذه العملية أخيرا الهدف من إزالة القدم غير الثابتة، ولكن ستصبح العملية برمتها أسرع وأسهل كثيرا إذا أمكن تحديد أسوأ قدم معيبة أولا. وفي الغالب سوف يؤدي إزالة أكبر قدم غير ثابتة إلى إزالة القدم غير الثابتة في الأقدام الأخرى؛ وبذلك، فإننا نود فحص كافة الأقدام كل على حدة قبل القيام بعمل أية تصحيحات تتعلق برقائق الضبط.

الهدف رقم 13
"ارتخاء الشدادة"تعريف

ولقد تعرفنا في القسم السابق على تأثير وضع العمود الناتج عن انعطاف القدم غير الثابتة. وقد تبين أن ذلك يؤثر بشكل كبير على الحركة في وصلة التقارن، وبذلك، عند إزالة القدم غير الثابتة الأولية في مرحلة الفحص المبدئي، فإننا نود أن نقرر ما إذا كان هناك أي تحرك للعمود بسبب القدم غير الثابتة المتبقية.

ومن خلال المعلومات التي جمعها باستخدام المؤشرات والمقاييس التحسسية، يصبح من الممكن القيام بتحليل أية حالة وتحديد أفضل طريقة لإزالة القدم غير الثابتة من الماكينة ككل. ويتعين جمع كافة المعلومات قبل القيام بعمل أية تغييرات تتعلق بوضع رقائق الضبط. ويمكن أن يوفر أخذ دقائق قليلة في فحص القدم غير الثابتة على الماكينة ساعات من التصحيح المرهق لتلك القدم؛ وأفضل طريقة لإزالة القدم غير الثابتة هي الحصول على قاعدة وقاع أقدام الماكينة مسطحين وسلسين بقدر ما أمكن. وذلك يتطلب مزيد من الوقت في الإعداد، ولكن الوقت المدخر في القضاء على مشكلات القدم غير الثابتة فيما بعد يجعل هذه الطريقة أفضل منهج يمكن اتباعه.

ولقد وصلنا في نقاشنا إلى النقطة التي يجب عندها أن نتحدث بشكل عملي؛ نحن نعرف جميعا أن الأشياء تبدو أفضل كثيرا على الورق منها في التطبيق العملي وسوف نتطرق دائما إلى تلك الأشياء التي يصعب علينا إصلاحها. ويتمثل هدفنا في التخلص من جميع أجزاء الأقدام غير الثابتة، ولكن عندما نواجه قيود زمنية أو مشاكل صعبة فإننا نحتاج حينئذ لأن يكون لدينا بعض المعايير التي يمكن استخدامها كدليل إرشادي للتفاوت المسموح به لإزالة القدم غير الثابتة.

يقترح العديد من درجات التفاوتات المسموح بها من 2 إلى 3 ملي كقراءة مقبولة، لكن هل يعد ذلك في الحقيقة محكم بدرجة كافية؟ إذا كانت القراءات الصحيحة للقدم غير الثابتة تؤخذ على قاعدة صلبة فإننا يجب أن نصبح قادرين على إزالة أية قراءات فوق 1 ملي. وإذا لم نستطع، لأي سبب أيًا كان، أن نحصل على القدم غير الثابتة تحت 1 مليمتر فإنه يتعين تسجيل ذلك. وربما يكون هناك قيود عملية لن تسمح لك بتحقيق درجات تفاوت مسموح بها ضيقة حتى بعد إجراء القياس والتحليل الشامل. وإذا كانت قاعدة الماكينة أو أقدامها أو سيقانها مرنة بدرجة كبيرة، ربما تتسبب عمليات الضبط النهائية التي يتم إجرائها في إحداث مزيد من الإحباط أكثر من النتائج. وربما تصبح تقوية القاعدة أمرا ضروري قبل أن يكون من الممكن إجراء عملية القدم الثابتة بدقة. أي قدم غير ثابتة يتطلب إزالتها وقت وجهد معقول سوف تجعل عملية التوازن أسرع وأسهل وأكثر فاعلية.

ارتخاء الشدادة

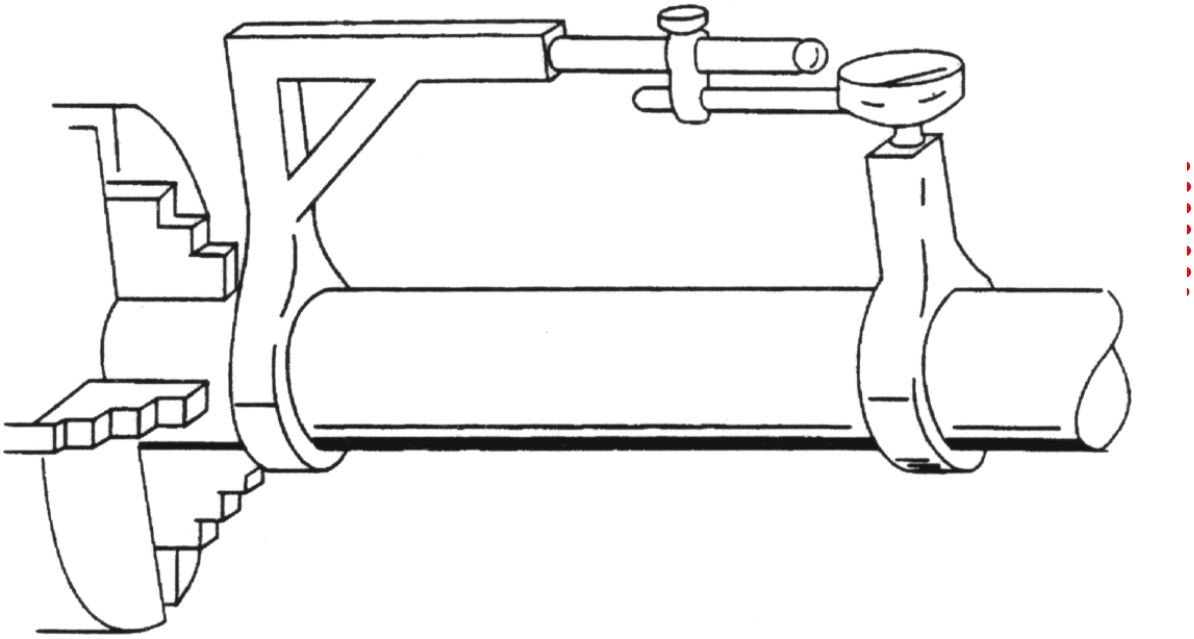
ارتخاء الشدادة هو ببساطة تأثير الجاذبية على التثبيت.

ويمكن قياس هذا التأثير بشكل دقيق؛ ونظرا لأنه يؤثر على الدقة النهائية للتوازن، لا بد من أخذه في الاعتبار في قراءاتك أو إزالته من التثبيتات قبل أخذ قراءات المؤشر.

يوجد في معظم الكتائف مقدار معين من الارتخاء، ويجب معرفة هذا المقدار قبل محاولة القيام بضبط توازن وصلات التقارن حتى يمكن حساب الارتخاء في قراءة المؤشر.

وتسير إجراءات تحديد مقدار الارتخاء في الكتيفة كما يلي:

1. قم بتركيب الكتيفة على العمود أو المخرطة، كما هو موضح في الشكل 32؛ ثم قم بتركيب المؤشر على القمة واضبط القرص المدرج على صفر.



الشكل 32 – تركيب الكتيفة على العمود

2. قم بتحويل التركيب بأكمله 180 درجة ثم خذ قراءة على القاعدة. وهذه القراءة هي مقدار الارتخاء لذلك التركيب الخاص. ولا تنس أنه لا بد أن يكون الفحص فريب من التركيب الفعلي بقدر ما أمكن وذلك لأن تغيير المسافة بين العمود والكتيفة من الممكن أن يغير مقدار الارتخاء.

3. وفي حالة استخدام مؤشرين، لا بد من تركيب كلا المؤشرين على الكتائف قبل تصفيرهما على القمة.

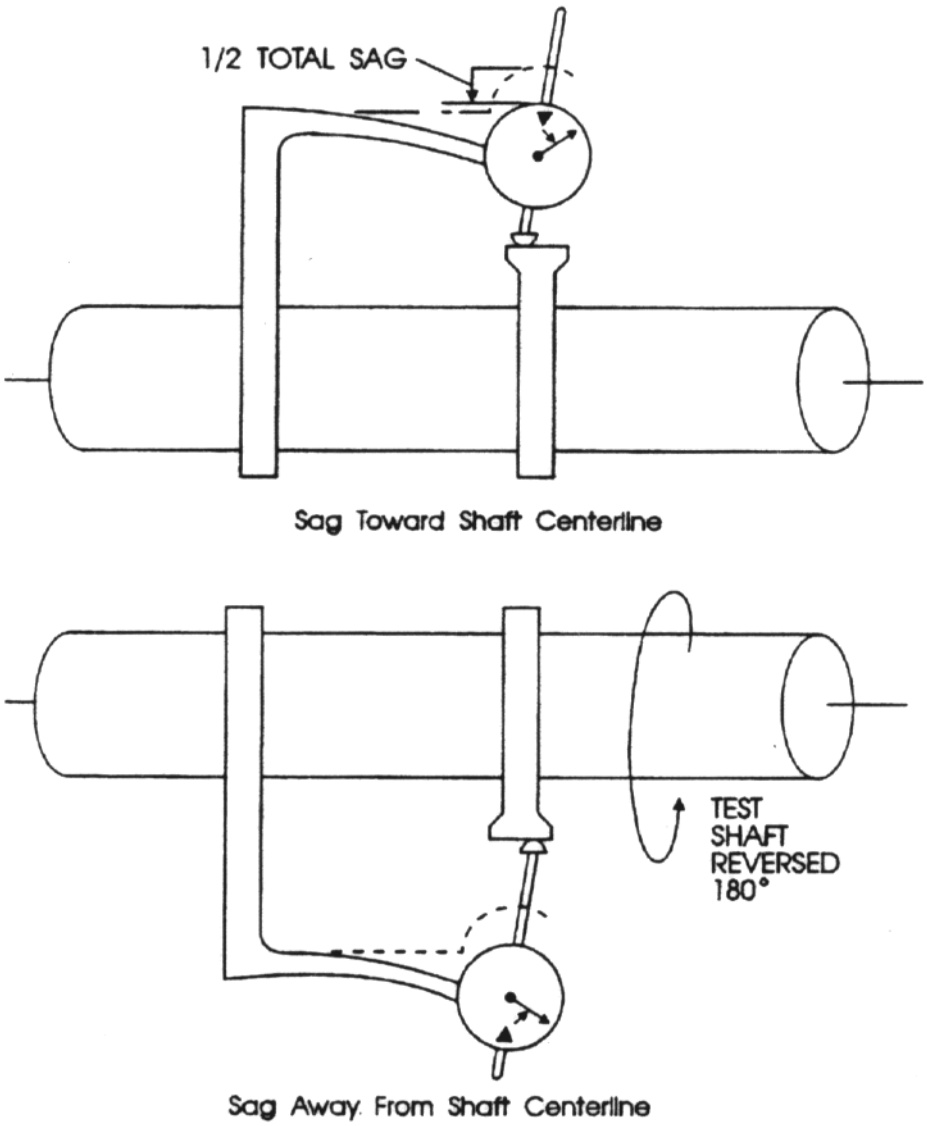
4. قم بحفظ سجل عن مقدار الارتخاء لكل تركيب لكي يكون مرجعا عند القيام بحساب قراءات المؤشر الفعلية. وإذا تجاوز مقدار الارتخاء 001 بوصة، فإنه يطرح من القراءات الرأسية.

الهدف رقم 15
ضبط ارتخاء الشدادة أثناء عملية التوازن

قبل تحديد مقدار ارتخاء الشدادة، لابد أن نكون قادرين أولا على تحقيق قابلية التكرار من التثبيتات. وأفضل طريقة للقيام بذلك تتمثل في ضبط القرص المدرج على صفر عند وضع الساعة 12 أو عند وضع القمة، ثم قم بلف الماكينة أو الشدادة لفة واحدة كاملة 360 درجة، ثم شاهد إذا كان المؤشر مازال يقرأ صفر عند القمة. وإذا كان يظهر على المؤشر أكثر من واحد ملي أو 0.001 ربما يكون هناك بعض الارتخاء في التثبيتات. ربما تضطر لإحكام شد أجزاء التثبيت أو القيام بعمل تغيرات إضافية في شكل مجموعة التثبيت حتى تتمكن من الحصول على قراءات متكررة. وذلك يعد ضروريا جدا لدقة حسابات التوازن التي تقوم بأدائها.

وبمجرد تحديد مقدار ارتخاء الشدادة للتثبيتات التي تستخدما، يمكن حينئذ معالجته بأحد طريقتين؛ وتتمثل أول طريقة ممكنة في القيام ببساطة بإضافة مقدار الارتخاء إلى قراءات المؤشر، ونظرا لأن الارتخاء دائما ما يكون قيمة سالبة، فإنه يمكن أن يضاف إلى إجمالي قراءات المؤشر. ويستثنى من ذلك أن المؤشرات التي تبدأ عند وضع الساعة 6 وتتجه لوضع الساعة 12 يجب أن تحتوي على ارتخاء الشدادة مطروحا من القراءة النهائية. وهذه ستكون الحالة لقرص مدرج واحد في طريقة القرص المتصالب.

وتتمثل الطريقة الثانية في قياس مقدار ارتخاء الشدادة، من خلال القرص المدرج، المحدد عند وضع الساعة 6 إلى وضع الساعة 12 كرقم موجب، أو ضبط القرص المدرج عند وضع الساعة 6 على رقم سالب. على سبيل المثال؛ إذا قمت بتركيب التثبيتات على أنبوبة أو قطعة من دعامة الشدادة التي تمثل عمودين في توازن تام (راجع الشكل 33) ثم قمت بضبط المؤشر على صفر عند وضع القمة أو وضع الساعة 12، ثم قمت بلف التثبيتات حتى أصبحت المؤشرات في وضع الساعة 6 الآن، فإنك يجب أن تحصل على قراءة سالبة على المؤشر، مثلا يمكن أن تكون سالب 8.



شكل 33- قياس ارتخاء الكتيفة

والآن قم بتدوير التثبيت إلى الخلف لضبطه على وضع الساعة 12، قم بضبط القرص المدرج على سالب 8 كقيمة موجب، أو موجب 8 باستخدام القرص المدرج. ولكي تتأكد من أنك أعدت ضبط توازن ارتخاء الشدادة كما ينبغي، قم بتدوير التثبيتات إلى الخلف حتى تهبط إلى وضع الساعة 6. ويجب أن يثبت المؤشر عند الرقم صفر؛

وعندما تعيد وضع التثبيتات على أعمدة الماكينات المتوازنة، قم بضبط القرص عند القمة على الرقم موجب 8. عندما تقوم بتدوير التثبيتات حتى تصل إلى وضع الساعة 6، فالرقم الذي تقرأه هو مجموع إجمالي قراءة المؤشر لعدم التوازن. والآن فقد تم ضبط توازن ارتخاء الشدادة وأصبح المؤشر حاليا يعطيك مجموع الفرق بين الخطوط المركزية الفاصلة في عمود الماكينة.

ملخص

ماذا تعلمت..

ولقد غطى هذا الفصل العناصر الضرورية للتصحيح و/أو التعليل قبل القيام بإجراء التوازن الدقيق، وهناك عناصر مثل التواء الإطار والقواعد المتصدعة والقدم غير الثابتة التي سوف تحول جميعها في المقام الأول دون تحقيق الهدف من وراء القيام بإجراء توازن.

وسوف يتسبب ارتخاء الشدادة، في حالة عدم أخذه في الاعتبار، في حدوث أخطاء خلال عملية التوازن أو سيقودنا إلى الاعتقاد بأن الماكينة متوازنة بينما هي في الحقيقة غير متوازنة.+

أسئلة للمراجعة

1. أذكر أربعة فحوصات ينبغي القيام بها في كل مرة قبل إتمام عملية التوازن.

2. عرف "القدم غير الثابتة".

3. أذكر خمسة (5) آثار للقدم غير الثابتة.

4. عرف "ارتخاء الشدادة".

5. لماذا يجب معرفة سبب ارتخاء الشدادة؟

الفصل 3

مراحل التوازن

مقدمة

على الرغم من أن التوازن الدقيق هو الهدف من عملية التوازن، إلا أن ذلك يحتاج إلى مجموعة من الخطوات للوصول إلى أفضل توازن ممكن. تجمع هذه الخطوات معظم الفحوصات الأولية التي تم شرحها فيما سبق، بالإضافة إلى تحريك الآلة فعليا، في حالة عدم تحريك الآلة بشكل محكم، فإن كل الجهد المبذول في التوازن الدقيق قد يذهب هباءً. ويغطي هذا الفصل تلك المراحل المتعلقة بتحريك الآلة والتوازن.

الهدف رقم 16
صف المراحل الثلاث لعملية التوازن

مراحل التوازن

فيما يلي الخطوات التي ينبغي إتباعها عند تنفيذ عملية التوازن. من خلال اتباع هذا التسلسل المنطقي، فإن المشاكل البسيطة التي تحدث في أثناء عملية التوازن سوف يسهل معرفة مصدرها وحلها تماما.

الهدف رقم 17
اشرح طرق التوازن المقبولة المستخدمة في كل مرحلة.

1. قم بفحص الأساسات للتأكد من عدم وجود تشققات
2. تأكد من عدم وجود اعوجاج في القاعدة
3. تأكد من عدم وجود أخطاء في التجميع
4. افحص وجود قدم غير ثابتة بشكل مبدئي
5. قم بعمل الاقتران وعمليات الانتحاء الأقصى للآلة.

طرق التوازن المقبولة لهذه المرحلة هي على النحو التالي:

- الترتيب المرئي
- مسطرة التقويم/مقياس تحسسي

الخطوة الأولى في أي عملية توازن هي وضع الآلات بالقرب من بعضها البعض، حيث يؤدي التوازن المبدئي للمعدات الجديدة إلى توفير قدر كبير من الوقت. يفضل عمل التوازن على بعد 32/1 بوصة باستخدام أدوات القياسات الأولية قبل استخدام أدوات التدقيق مثل المؤشر الدائري.

تأكد من أن محاور الاقتران قد تم تركيبها بدقة وأن أوجه الاقتران متعامدة على أعمدة الآلة. عادة ما يتم تركيب محاور الاقتران باستخدام مفتاح أو مثبت فتيل. ويتم وضع المعدة بتوازن أولي على صفيحة القاعدة، إذا كانت الأعمدة لها حركة نهائية، ينبغي أن يتم تثبيتها في مركز حركتها. يجب التأكد من صحة المسافة بين محوري الاقتران من خلال الرجوع إلى مواصفات المصنع. لابد من وجود مسافة كافية بين المحاور للسماح بحركة النهاية المتوقعة أو التمدد الناتج عن الحرارة. بعض المعدات التي بها حمالات حرة يكون عليها علامات مكتوبة توضح الوضع المناسب للعمود.

مع وضع صفيحة القاعدة بشكل مستوٍ، تفحص حواف الأنبوب الداخلة والخارجة الخاصة بالمعدة بحيث تكون إما أفقية أو رأسية، وفقا لما هو مناسب. يمكن أن يؤدي تعديل رقائق الضبط أو الإسفينات الموجودة تحت صفيحة القاعدة إلى الضبط، بعد ذلك يتم عمل وصلات مادية لتأمين تثبيت المكونات على صفيحة القاعدة.

يتم عمل التوازن المبدئي للاقتران على النحو التالي:

- استخدم مقياس الإسفين أو المجسات والقوالب لمعرفة حالات الخلل في التوازن الزاوي. تأكد من وجود زاوية 90 درجة في أربع مناطق بين أوجه الاقتران. ينبغي ألا يزيد الخلل في التوازن عن 32/1 بوصة. صحح حالات الخلل في التوازن الزاوي الأفقي للمعدة في صفائح القاعدة المنفصلة من خلال ضبط رقائق الضبط والإسفينات الموجودة تحت صفيحة القاعدة. بالنسبة للمعدات التي تكون على صفيحة قاعدة مشتركة، قم بإضافة أو إزالة رقائق الضبط الموجودة تحت المعدة.

- افحص التوازن الأفقي من خلال وضع حواف مستقيمة عبر إطارات الاقتران. يجب أن تستقر الحافة المستقيمة بانتظام على إطارات الأنصاف المحركة والتابعة للاقتران على كل من الجانبين.

- قم بفحص التوازن الرأسي بوضع حافة مستقيمة عبر إطاري الاقتران على قمة الاقتران وفي قاعه. في بعض الحالات، عند القيام بعملية التوازن في المصنع، يتم السماح باختلاف أفقي بين عمود المعدة الدائر والعمود المدورة لتعويض التوسيع الأفقي التبايني عند تشغيل الوحدة. هذه الاختلافات الرأسية والتي يتم قياسها عندما تكون كل من المعدة الدائرة والمعدة المدورة باردتين، ينبغي أن يتم الإشارة إليها على الملصق الموجود على الاقتران. عند ارتفاع خط المنتصف للمعدة الدائرة عن خط المنتصف للمعدة المدورة، اخفض عمود المعدة الدائرة.

- افحص حواف الشفط والتفريغ مرة أخرى للوضع الزاوي. في حالة ما إذا كان التوازن ضروريا، قم بضبط الإسفينات الموجودة أسفل صفيحة القاعدة. في بعض الأحيان يكون من الضروري ضبط الفلكات الموجودة تحت رجل المعدة الدائرة. بعد القيام بهذا الضبط، فإنه من الضروري إعادة فحص التوازن على الاقتران. قد يؤدي الضبط على التوازن الصحيح في اتجاه واحد إلى تغيير التوازن في اتجاه آخر. قم دائما بفحص كل الاتجاهات بعد القيام بأي ضبط.

1. توصيل الأنابيب
2. التوصيل الكهربي

3. فحوصات التزليق

طرق التوازن المقبولة لهذه المرحلة هي على النحو التالي:

- أية طريقة دقيقة

وبمجرد ضبط الماكينات على معدل 32/1 من البوصة في الاتجاهات الرأسية والأفقية، يمكنك الآن متابعة ضم الأنابيب والتوصيلات الكهربية وتنفيذ عملية التشحيم بالنسبة للماكينة. ويتعين عليك مراقبة هذه الأنشطة باستخدام المؤشرات القرصية سواء كانت محمولة على الأعمدة، على الوصلة، أو حوامل الماكينة.

وفي حالة حدوث حركة والتي تقاس عند أي من النقاط التي سبق ذكرها أثناء تثبيت ولحام الأنابيب بالماكينة، يجب ضبط الأنابيب لإزالة الحركة. وعند توصيل أي شيء بالماكينات، يجب إيجاد حركة لا تزيد عن معدل يتراوح بين 0.002 حتى 0.004 بوصة. أي ضغط أو إجهاد يفوق هذا المعدل يترك تأثيرًا على التوازن الداخلي للمحمل بالنسبة لغطاء الماكينة. ويسبب ذلك بدوره خلل في توازن الخطوط المركزية للأعمدة.

من الممكن أن يسبب ضم الأنبوب المرن أو الأنابيب المساعدة بالنسبة لنظم الزيت المضغوط حركة الماكينات في بعض المواقف. وإذا حدث ذلك، يجب عليك التخلص من مصدر الضغط أو الإجهاد.

1. الفحوصات النهائية للقدم غير الثابتة في نطاق التفاوت المسموح به.
2. إعداد موازنات الزيادة الحرارية (التي سوف تناقش لاحقًا في دليل التشغيل هذا).
3. استخدم طريقة توازن دقيقة للفحص النهائي.
4. شغل الماكينة.

رقم الهدف 18
على للتحسين دقيقة تغييرات عمل طريقة صف آلة أي

طرق التوازن المقبولة لهذه المرحلة هي على النحو التالي:

- طريقة الإطار والوجه (Rim and Face)
- طريقة القرص المتصالب (Cross Dial) .
- طريقة القرص العكسي (Reverse Dial)
- طريقة الليزر (Laser).

والآن أصبحت المرحلة النهائية أو المرحلة الدقيقة لعملية التوازن جاهزة للبدء؛ هذه هي النقطة التي عندها تجني ثمار كل الوقت الذي قضيته في الإعداد. إذا كنت قد أديت المهمة بصورة جيدة عند فحص حالة الماكينة (أداء الفحوصات السابقة لتحقيق التوازن ى جميعها)، وإزالة القدم غير الثابتة، وتحديد ارتخاء الشدادة (إذا كنت تستخدم طريقة التوازن بالإطارات أو والتركيبات) والتعويض عن هذه الخطوة الأخيرة، وتحديد الزيادة الحرارية ودراستها، عندئذ يجب متابعة الخطوة النهائية في العملية بسرعة وسهولة.

تحريك الماكينة

أي تعليمات خاصة بالتوازن الدقيق فيما يتعلق بالمعدات الدوارة يجب أن تتضمن طرقًا من أجل أداء حركات دقيقة ومضبوطة بالنسبة للماكينة. وهناك طرق عدة لتحريك الماكينة؛ بعض هذه الطرق يعتبر أفضل من الآخر وتتنوع بين استخدام مطارق كبيرة أو مخلات إلى استخدام رافعات هيدروليكية أو أدوات تشغيل ذات سن لولبي دقيق وبسيط.

ومن المهم الإشارة إلى أن ذلك هو التوازن. أي طريقة توازن، بصرف النظر عن دقتها في قياس الخلل في التوازن، تعتبر غير مفيدة إذا لم نتخذ الاحتياطات والإجراءات المناسبة لتحقيق حركة الماكينة الدقيقة. من الممكن فقد كل العمل الخاص بأخذ القراءات الدقيقة في جزء من الثانية في حالة عدم تطبيق الأساليب الملائمة.

لقد دار نقاش بين متخصصي عملية التوازن بخصوص أي الحركات التي يجب إجراءها أولاً: الحركة الأفقية أم الحركة الرأسية؛ وبمجرد ضبط الماكينة على طريقة توجيهها الرأسي المناسبة يجب ألا تقوم الحركة البسيطة في الاتجاه الأفقي بتغيير التوازن الرأسي.

وهذا هو الإجراء المتبع عند اكتمال التوازن الأولي ومراحل الضبط. وعلى الرغم من ذلك، فقد تتطلب بعض المواقف إجراء حركة أفقية أولاً للحصول على قراءات المؤشر الدقيقة في حالة تغيير التوازن أثناء مرحلة الضبط. في أي عملية توازن، يجوز حدوث تراجع وتقدم بين الحركة الرأسية وتلك الأفقية حتى يكتمل التوازن وتتحقق الدقة.

لا يعتبر استخدام المؤشر القرصية ضروريًا لتحديد التغيير، كما هو الحال مع جميع الحركات الرأسية،

ففي الاتجاه الرأسي، قد يكون من المفيد التأكد من عدم وجود حالة عدم ثبات القدم التي تحدث أثناء تحريك الماكينة. وباستخدام جهاز قياس صغير يمكن تحديد سمك رقائق الضبط المركبة بدقة من أجل عملية تصحيح الاتزان المطلوبة. تأكد من قيام كل رقيقة ضبط يتم تركيبها. لا تصدق ما هو مطبوع، أو مدموغ أو محفور على رقيقة الضبط. قم دائمًا بفحص رقائق الضبط للاطمئنان،

عندما تصبح مسامير الربط غير محكمة- فإن أول إجراء احتياطي هو فك مسمارين فقط في وقت واحد عند تغيير أي رقيقة ضبط. إذا قمت بفك جميع مسامير الربط في وقت واحد قم رفعت الماكينة، قد يتغير الضبط بأكمله في القدم. وينطبق هذا على وجه الخصوص إذا تم إصلاح أي قدم من حالة القدم غير الثابتة باستخدام رقيقة ضبط مسننة أو مستدقة.

كما أن ربط مسماري ربط بإحكام يقلل من فرص حدوث حركات لا يمكن السيطرة عليها. فأي حركة لا يمكن السيطرة عليها في الماكينة قد تعمل على تغيير الوضع الأفقي أو المحوري أو حتى الرأسي للماكينة، وبذلك تلغي كل العمل الذي قمت به من قبل.

قم بإرخاء ربط المسامير على أحد الجانبية الأيمن والأيسر من الماكينة وليس على كلا الجانبين. قم برفع أحد جانبي الماكينة بالقدر الكافي لتغيير رقيقة الضبط، فإذا رفعت الماكينة عاليًا جدًا يمكن أن تنثني القدم على جانب الماكينة الذي تكون في مسامير الربط محكمة. وعليك إجراء تغيير رقائق الضبط اللازمة وإحكام ربط المسامير حسب قيمة عزم اللي الصحيحة الخاصة بهم.

كرر العملية في الجانب الآخر من الماكينة. إن كل عملية لإحكام الربط في أي مسمار في الماكينة يجب أن تعامل كما لو كانت هذه هي آخر مرة يجري فيها العمل على هذا المسار من الماكينة خاصة,

أما بالنسبة لجميع الحركات الرأسية، فعليك أن تتأكد من رفع الماكينة بالقدر الكافي لإضافة وإزالة المقدار المرغوب في من رقيقة الضبط؛ حيث إن زيادة حركة الماكينة في الاتجاه الرأسي يمكن أن تؤدي إلى انثناء القدم. وما إن تقوم برفع الماكينة بالقدر الكافي لتغيير رقيقة الضبط، عليك أن تزيل رقائق الضبط من أسفل كل قدم وتضيف أن تخصم مقدرا رقائق الضبط الذي تحدده.

من النماذج التي تساعد على التذكر في هذه النقطة استخدام أقل عدد من رقائق الضبط أسفل القدم إذا كان ذلك مناسبًا. فكلما زادت رقائق الضبط أسفل القدم، زادت فرصة إحداث تأثير الزنبركي أو القد غير الثابتة. وعليك إذا أمكن أن تصنع أو تستخدم رقيقة ضبط واحدة بالسمك المطلوب أسفل القدم. وإذا لم يتسنى لك ذلك، يمكن أن تستخدم من ثلاث إلى أربع رقائق ضبط كحد أقصى. فهذا يعطي للقدم مكانًا صلبًا لتستقر عليه وقلل من احتمال دخول أي شيء بين رقائق الضبط.

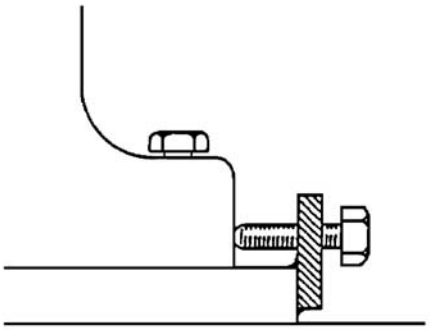
الهدف رقم 19
أفقية تحركات إجراء عملية توضيح
.آلة أي على محكومة

عند إجراء تغييرات في رقيقة الضبط للتوازن الرأسي، من المهم أن تتذكر أن رقائق الضبط يجب أن توضع أسفل تلك الرقائق الموجودة لتصحيح القدم غير الثابتة. إذا تم وضع رقائق الضبط المستخدمة لتصحيح التوازن الرأسي على قمة رقائق ضبط القدم غير الثابتة، فإن ذلك قد يعمل على إيجاد المزيد من مشكلات القدم غير الثابتة.

عند إدراج رقائق الضبط أسفل القدم، قم بإدخال فتحة الرقيقة بأكملها حتى تستقر الرقيقة في "قاع" الفتحة. ويجب عليك بعد ذلك أن تسحب الرقيقة للخلف حوالي ربع بوصة قبل إحكام ربط المسمار. إذا تركت رقيقة الضبط في مكانها دائمًا داخل مؤشرات الترابط، فإن إحكام ربط المسامير سوف يضغط على طرف رقيقة الضبط وقد يؤثر على دقة تغيير رقيقة الضبط،

وبعد استكمال تغييرات رقيقة الضبط وإحكام ربط المسامير، يجب أخذ مجموعة أخرى من القراءات بالطريقة المستخدمة في حساب التوازن. إذا كانت الحركة في نطاق التفاوت المسموح به، تابع العمل في الحركات الأفقية. إذا كانت هناك حاجة لإجراء حركة ثانية، حدد تغيير رقيقة الضبط اللازم وقم بإجراء التعديل.

إذا كانت صفيحة القاعدة مركب بها مسامير ضبط، تصبح مهمة تحريك الماكينة أكثر سهولة ويسر. ففي العديد من الموقف يصبح من الأفضل تركيب مسامير ضبط في وقت إجراء التوازن وليس محاولة تحريك الماكينة بطريقة أخرى، الأمر الذي عادة ما يكون أكثر صعوبة ويستهلك المزيد من الوقت، ويوضح الشكل 34 قاعدة مركب عليها مسمار ضبط.



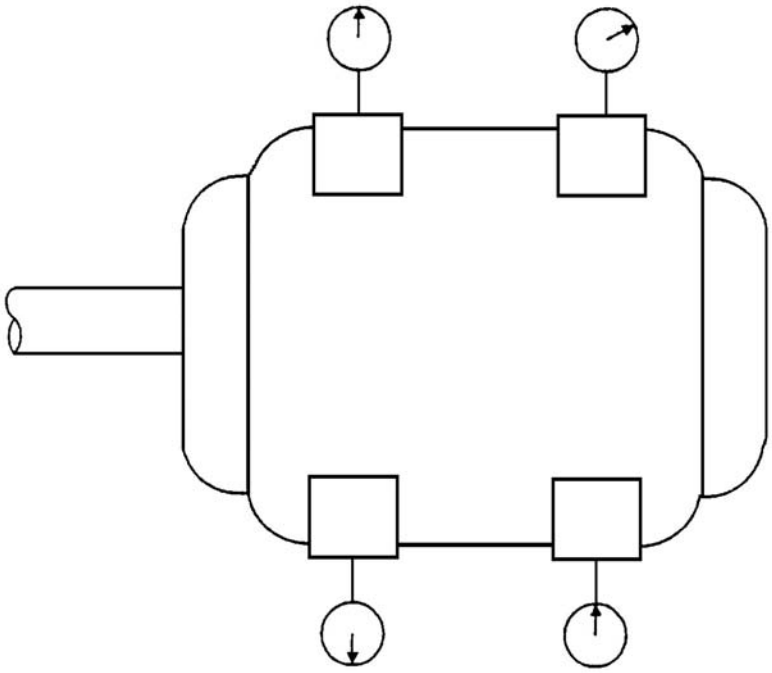
الشكل 34 – مسامير ضبط القاعدة

قبل فك أي من مسامير الربط، يجب فك مسامير الضبط على الماكينة؛ حيث إن أي اختلال في الضغط على مسامير الضبط قد يؤدي إلى حركات لا يمكن السيطرة عليها ويتطلب من الفني أن يأخذ مجموعة أخرى من القراءات.

وعند فك مسامير الربط، قم بإرجاعهم للخلف بالقدر الكافي الذي يسمح للماكينة بالانزلاق على الجانبين. وحيث إن الأمر يتطلب القليل من الضغط على مسمار الضبط لتحريك الماكينة أفقيًا، ليست هناك حاجة حقيقية لإرجاع مسامير الربط كليًا أو إزالة أداة إحكام التثبيت.

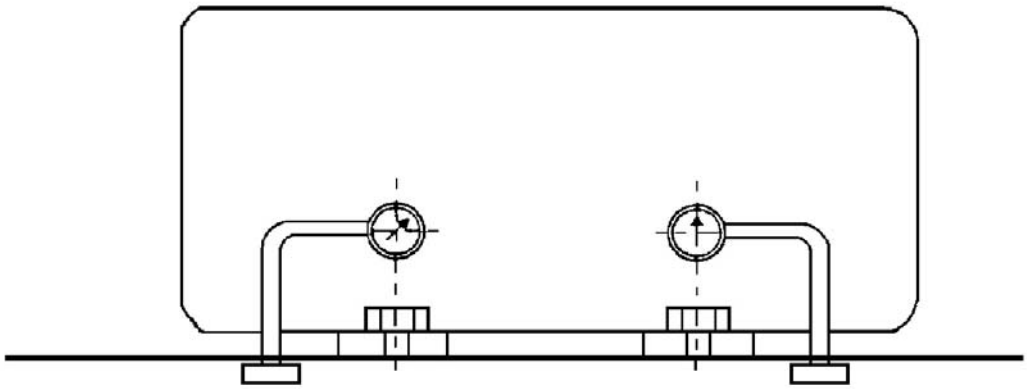
إذا تم إنشاء مخطط لتحديد وضع العمود الذي به خطأ في التوازن، فإنك سوف تعرف بالضبط في أي اتجاه عليك أن تحرك الماكينة. ومن الطرق الأخرى لتجنب الارتباط أن تنظر دائمًا من ماكينة الماكينة الثابتة تجاه الماكينة المتحركة، فأي شيء على اليمين أو في اتجاه عقارب الساعة في تمام الساعة الثالثة يعتبر في الاتجاه الموجب، وأي شيء على اليسار أو في اتجاه عقارب الساعة في تمام الساعة التاسعة يعتبر في الاتجاه السالب، ويجب أن يساعدك ذلك على تصور اتجاه الحركة الصحيح.

إن أفضل وأدق طريقة لقياس الحركة الأفقية هو وضع مؤشرات قرصية حول الماكينة، في صفائح الأقدام كما هو مبين في الشكل رقم 35.



الشكل 35 – وضع المؤشرات القرصية للحركات الأفقية

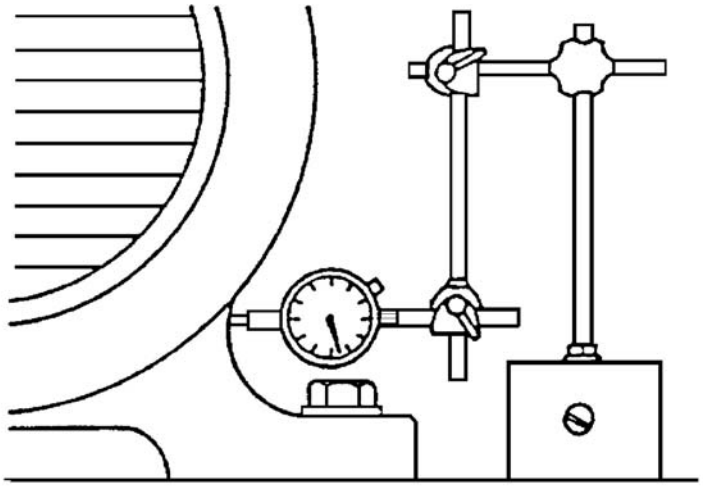
من الأهمية بمكان أن توضع المؤشرات على الماكينة في الموضع المستخدم في حساب التوازن. كما هو مبين في الشكل 36، فإن ذلك عادة ما يكون مركز مسمار الربط وعلى الارتفاع التقريبي للعمود.



الشكل 36 – موقع المؤشرات لمراقبة الحركات

وتسير إجراءات عمل الحركات الأفقية للماكينة كما يلي: يوضح الشكل 37 الوضع الصحيح للمؤشر القرصي).

1. ضع المؤشرات القرصية المركبة على القاعدة في مكان قدم الماكينة أو في النقطة التي تُحدد من حساب التوازن.
2. قم بضبط المؤشرات القرصية على صفر.
3. قم بتحريك الماكينة للاتجاه الصحيح بالمقدار المحدد مع التأكد من أن جميع المؤشرات القرصية متفقة معًا.

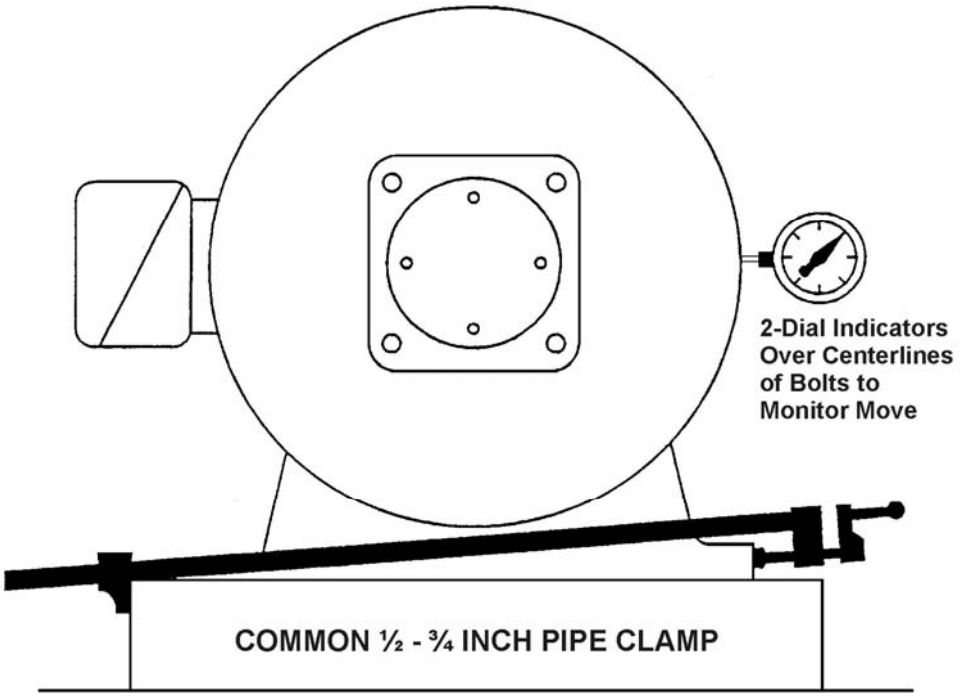


الشكل 37 – ضبط المؤشرات القرصية

بغض النظر عن الأداة أو الطريقة المستخدمة في تحريك الماكينة، من الضروري السيطرة على الماكينة والتحكم فيها.

أشهر مشكلة تواجهنا عند تحريك الماكينة أفقيًا هي عدم وجود مسمار ضبط في الماكينة للتحكم في الماكينة بشكل دائم، إذا لم يتم تركيب مسامير الضبط يمكن استخدام مسامير هيدروليكية صغيرة لتحريك الماكينة إذا كان يدعمها من الخلف هيكل صلب مثل رافدة أو حائط صلب أو قاعدة ملاصقة. ويمكن كذلك استخدام سلسلة ساقطة أو جانبية. ومرة أخرى يجب أن يتم ربطها بشيء صلب أو غير متحرك ويتم تشغيلها بنقرة واحدة كل مرة.

ومن الأفكار الجيدة أيضًا استخدام قارنة أو قارنة أنبوبية، كما هو موضح في الشكل 38، يتم تركيبها وتشغيله لتحريك الماكينة بسلاسة في الاتجاه المطلوب.

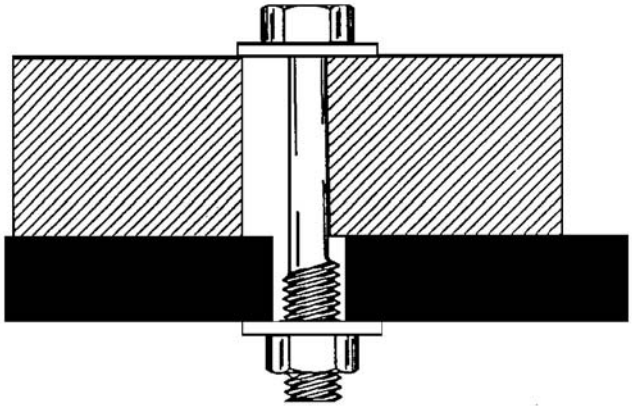


الشكل 38 – تحريك الماكينات دون مسامير ضبط

الهدف رقم20
شرح عملية تحريك ماكينة أصبحت مربوطة بالمسامير.

عند هذه النقطة من عملية التوازن، قد تعتقد أنك قد نجحت الآن؛ إلا أنه لا يزال هناك مشكلة أخرى قد تواجهها، وأما من يعمل منكم في هذا العمل، فإنه يعلم أن الربط بالمسامير يحدث كثيرًا. كما أن الحركة الأفقية المطلوبة تعتبر أكبر من قيمة التفاوت المسموح به في القدم.

من أكثر الحلول شيوعًا لولبة المسمار، رغم أن ذلك ليس هو الحل المطلوب، يمكنك أن الحصول على عدة آلاف من البوصات من خلال إزالة المواد الزائدة على جانب ساق المسمار مما يساعدك على الوصول إلى الوضع الأفقي المناسب للماكينة، كما هو موضح في الشكل 39.



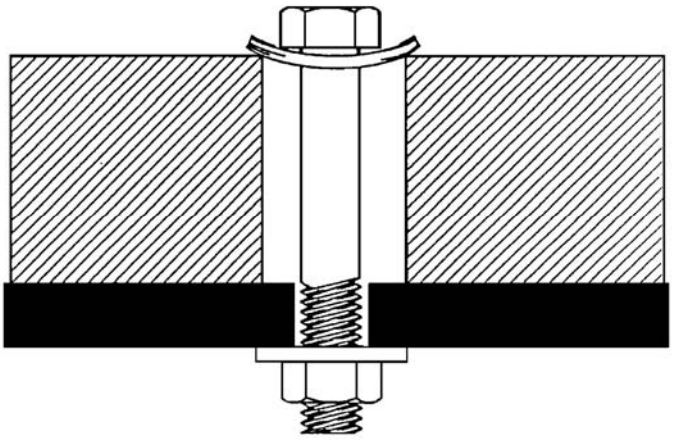
الشكل 39 – مسمار ملولب

الإجراء الاحتياطي الوحيد الذي يجب التأكيد عليه هو **عدم** إدارة قطر الساق لأسفل لأقل من قطر جذر سن اللولبة على المسمار. إذا أزيلت مواد كثيرة، فإنها سوف تقلل بشكل كبير على قوة إمساك المسمار، ومن المحتمل أن تجعله ينكسر عند إحكام الربط عليه.

من الخيارات المحتملة الأخرى تركيب المسار الأصغر مباشرة في مكان القدم المربوط بالمسمار إن وجدت الفتحة الدقيقة. في المواقف التي توجد بها قاعدة ذات فتحة ملولبة أو مسدودة، يمكن تركيب ملف لولبة. قبل القيام بذلك، قد يكون من الجيد التأكد مما إذا كان المسمار الأصغر مباشرة سوف يوفر قوة مسك كافية دون خلق مشكلة للماكينة.

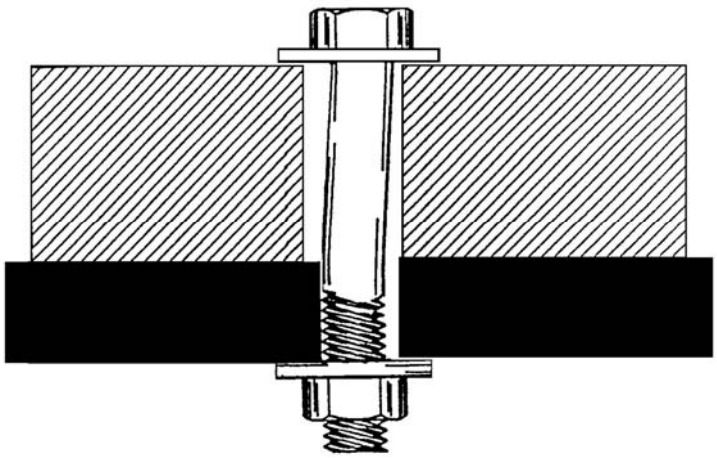
من الممارسات الشائعة ثقب الفتحة في القدم بما يسمح للماكينة بالحركة، إذا استخدمت هذه الطريقة، احرص على التأكد من أن الفتحة لا تتجاوز حجم الفلكة.

إذا كانت الفلكة صغير جدًا على الفتحة سوف تتحدب أو تتقعر عند إحكام ربط المسمار كما هو موضح في الشكل 40، ولتفادي ذلك، يمكنك أن تضع الفلكة التالية الأكبر في الحكم أسفل الفلكة ذات الحجم الصحيح للمسمار الذي يجري استخدامه أو أن تستخدم صفيحة من الصلب، عادة تكون بسمك ربع بوصة بها فتحة تكون أكبر قليلا لتغطية الفتحة الكبيرة في القدم.



الشكل 40 – الفلكة القارنة

كما أن المسامر المنحني يكون له نفس التأثير، فعند إحكام ربط المسمار، سوف يحدث تأثير بيضي الشكل أو محدب، ويمكن أن يحرك الماكينة خارج التوازن المطلوب كما هو موضح في الشكل 41، ومن الواضح أن الحل الأمثل هو إعاة تصميم القاعدة بحيث يمكن إجراء الحركات الأفقية المطلوبة. وقد لا يتطلب ذلك إلا لولبة فتحات جديدة لمسمار الربط وتشغيل الأسطح عند المكان الذي سوف تتلامس فيه الماكينة والقاعدة. ويمكن تجنب العديد من هذه المشكلات أو التنبؤ بها إذا تمت متابعة قائمة الفحص قبل التوازن متابعة دقيقة.



الشكل 41 – المسمار المنحني

ملخص

يغطي هذا الفصل المراحل الثلاثة المتعلقة بتحريك الآلة والتوازن. يمكن تيسير عملية التوازن باتباع تسلسل منطقي، علاوة على ذلك، فإن أية مشكلات تحدث يمكن السيطرة عليها بسرعة عند إجراء عملية التوازن في المراحل المختلفة.

وقد تتمتع عملية تحريك الماكينات بنفس الأهمية التي تتمتع بها عملية قياس الاتزان. ومن خلال التحكم الدقيق في حركات الماكينات يصبح من السهل المحافظة على الاتزان الدقيق الذي تم قياسه.+

ماذا تعلمت...

أسئلة للمراجعة

1. صف باختصار مراحل التوازن الثلاثة.

2. اذكر طريقتين للتحكم في الحركات الأفقية.

3. ما هي الأدوات التي يمكن استخدامها لمراقبة الحركات الأفقية للماكينات من أجل التأكد من دقتها؟

4. ما هو تأثير استخدام العديد من رقائق الضبط أثناء حركات الماكينات الرأسية؟

5. ماذا يقصد بالحالة التي تكون قيها الماكينة "مرتبطة بمسمار" (bolt bound) وكيف يمكن إصلاحها؟

الفصل 4

التوازن الدقيق

مقدمة

توجد حاليًا ثلاث طرق تستخدم لحساب مقدار التغيير في رقائق الضبط والحركات الأفقية المطلوب لتحقيق توازن دقيق في الماكينة. وكل طريقة تستطيع أن تصل إلى نفس النتائج باستخدام صيغ رياضية أو حلول بيانية أو كليهما، وهناك عدة أدوات متوفرة للمساعدة في هذه العملية؛

أولها حاسبة جيب بسيطة، ويمكن إنجاز حركة الماكينات بمنتهى الدقة باستخدام الصيغة المناسبة والفهم الأساسي لعملية التوازن. أما الطريقة الثانية في الحل باستخدام الرسم البياني، وعادة ما تستخدم هذه ورقة رسم بياني مقاس 10 × 10 بوصة لرسم عرض بياني للماكينات ومقدار الحركة المطلوبة لتصحيح الخلل في التوازن. أما الطريقة الثالثة فهي تتم باستخدام الحاسب، سواء الحاسب الشخصي أو حاسب من نوع خاص مصمم خصيصًا لعلمية التوازن.

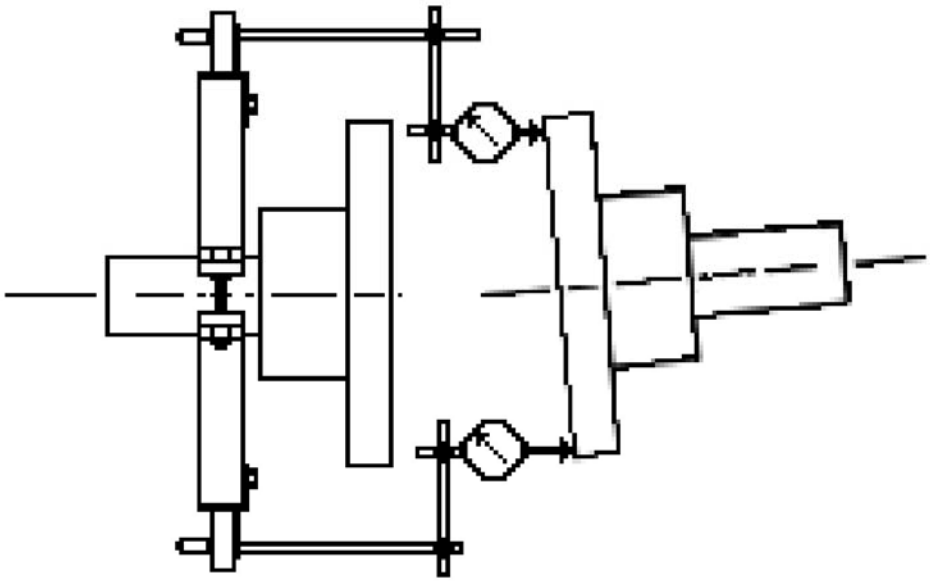
وفي هذا الفصل سوف ندرس الحلول الرياضية والبيانية للخلل في التوازن. وسوف نذكر طريقة الحاسب فقط لنطلعك عليها. وفيما يلي نقدم طرق إجراء عملية التوازن التي درسنها وطرق حلها:

- طريقة الإطار والوجه (Rim and Face) (رياضيًا فقط)
- طريقة القرص المتصالب (Cross Dial) (رياضيًا وبيانيًا)
- طريقة القرص العكسي (Reverse Dial) (رياضيًا وبيانيًا)

طريقة الإطار والوجه

عادة ما تستخدم طريقة الإطار والوجه إذا كانت اعتبارات المساحة تمنع استخدام طريقتي القرص المتصالب أو القرص العكسي؛ وهي تعتبر أيضًا الطريقة الوحيدة التي يمكن استخدامها عندما يتعذر إنجاز دوران كلا العمودين. ولا يمكن حساب نتائج الخلل في التوازن إلا رياضيًا ويجب أن يتم حساب الخلل في التوازن الزاوي والمتوازي بشكل منفصل. بعد إجراء عملية التوازن التقريبي يجب إزالة الخلل ف التوازن الزاوي قبل حل الخلل في التوازن المتوازي، لهذا السبب فإن طريقة الإطار والوجه أكثر تعتبر استهلاكًا للوقت من طريقتي التوازن الأخريين.

يستخدم قرص الوجه لقياس المسافة بين وجهي القارنة. وسوف يعمل ذلك على قياس الخلل في التوازن الزاوي في الصفائح الأفقية (في وضع الساعة 3 ووضع الساعة 9) والرأسية ((في وضع الساعة 12 ووضع الساعة 6).
وتعطي قراءة المؤشر الإجمالي (TIR) الاختلاف الفعلي بين وجهي القارنة. ولن يكون لارتخاء الشدادة تأثير على قراءة الوجه، بسبب وضع القرص الخاص بوجه القارنة. وسوف تظل مسألة تحتاج إلى الدراسة عند أخذ قراءة الإطار. ويوضح الشكل 42 وضعًا نموذجيًا لأخذ قراءة الوجه.



طريقة باستخدام التو

الشكل 42 — الوضع النموذجي لأخذ قراءات الوجه

الإجراءات

1. قم بتصفير المؤشر على وضع الساعة 12 (وضع الساعة 3 للحركات الأفقية).
2. قم بإدارة المؤشر 180 درجة وقراءة الخطأ من الاختلاف في القراءة.
3. قم بقياس قطر قارنة مستوى المؤشر.
4. قس المسافة بين وجه القارنة والقدم الأمامية والقدم الخلفية.
5. احسب حركة رقيقة الضبط المناسبة (أو الحركة الأفقية بالصيغة التالية:

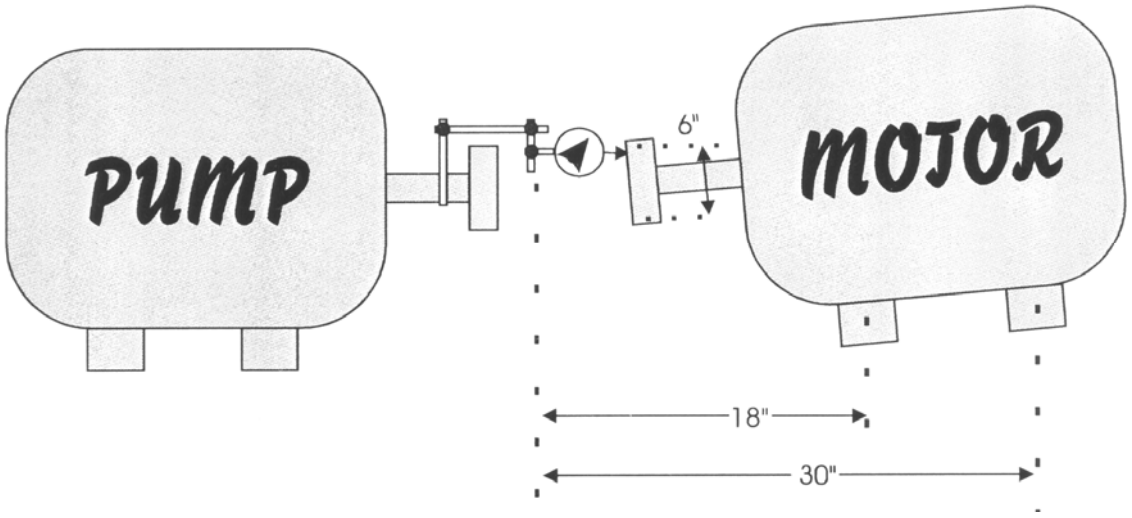
الضبط = الفجوة × طول القدم مقسومة على قطر القارنة

المثال رقم 1 – حساب الخلل في التوازن الزاوي بطريقة الإطار والوجه

مستخدمًا المعلومات التالية والشكل 43 احسب حركات رقيقة الضبط المطلوبة لتحقيق أفضل توازن زاوي.

- قراءة الوجه في الساعة 12: .000"

- قراءة الوجه في الساعة 6: "072.-



الشكل 43 – حساب الخلل في التوازن الزاوي بطريقة الإطار والوجه (المثال رقم 1)

الحل:

$$\text{Front Foot Adjustment} = \frac{-.072" \times 18"}{6"} = -0.216"$$

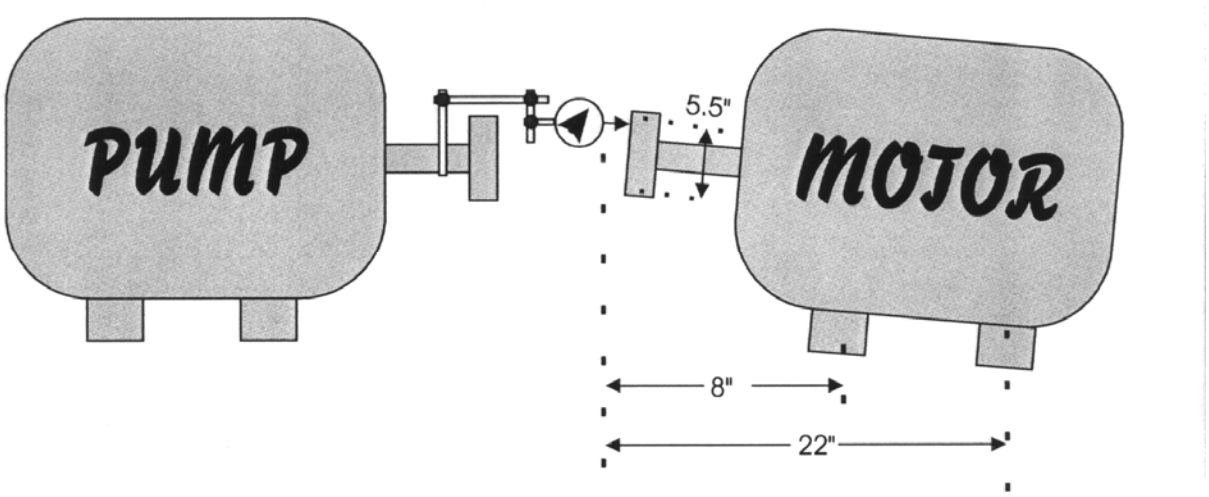
$$\text{Rear Foot Adjustment} = \frac{-.072" \times 30"}{6"} = -0.360"$$

هذه الحسابات تخبرنا أنه من أجل تحقيق أفضل ضبط زاوي سوف يكون من الضروري إزالة 216 بوصة من القدم الأمامي و 360 بوصة من القدم الخلفي. أما الأرقام السالبة فهي عادة ما توضح رقائق الضبط التي يجب إزالتها، بينما الأرقام الموجبة توضح أن ثمة حاجة لإضافة رقائق ضبط.

تمرين طريقة الإطار والوجه رقم 1

مستخدمًا قراءات المؤشر القرصي التالية والمعلومات الموضحة في الشكل 44 احسب تعديلات رقيقة الضبط اللازمة لتحقيق أفضل توازن زاوي.

- قراءة الوجه في الساعة 12: .000"
- قراءة الوجه في الساعة 6: +.023"



الشكل 44 - تمرين طريقة الإطار والوجه رقم 1

تعديل القدم الأمامية

_____

تعديل القدم الخلفية

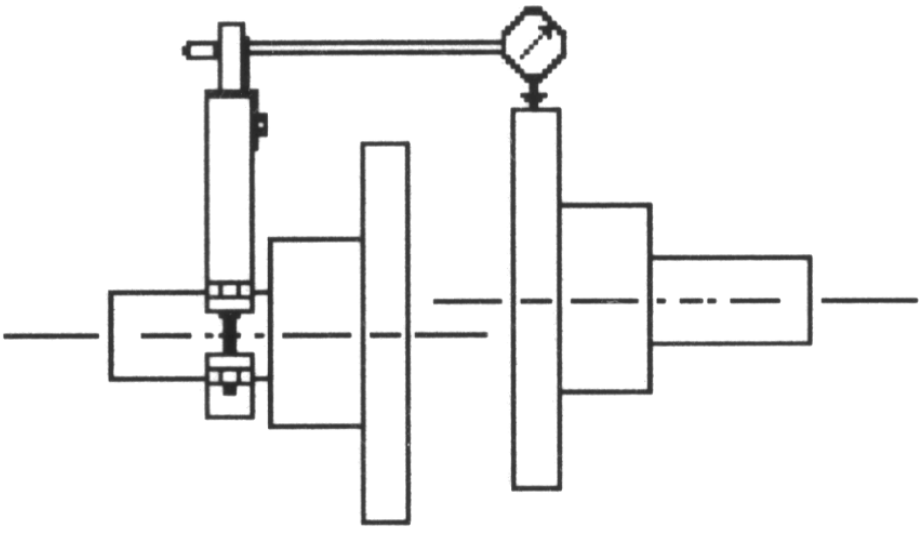
_____

يقوم المؤشر القرصي الموضوع لأخذ قراءة الإطار بقياس مقدار الخلل في التوازن المتوازي، وعادة ما يكون إجمالي قراءة المؤشر ضعف التوازن الفعلي، ولذلك فإن حركات في رقائق الضبط لتصحيح الخلل في التوازن المتوازي سوف تكون دائمًا نصف القراءة الإجمالية للمؤشر. ويجب أخذ ارتخاء الشدادة في الاعتبار أثناء إجراء عمليات التوازن الرأسي، ولكنها لن تكون ذات أهمية لعمليات الضبط الأفقي. ويوضح الشكل 45 الوضع النموذجي لأخذ قراءة الإطار.

22الهدف
حساب انعدام التوازن المتوازي باستخدام طريقة الإطار والوجه.

ملاحظة:

من الممكن إضافة ارتخاء الشدادة للقراءة صفر في هذا الوقت أو إضافتها للقراءة الإجمالية للمؤشر في النهاية، قبل أخذ القراءة مباشرة (وهذا الأمر ليس ضروري للحركات الأفقية).



الشكل 45 — الوضع النموذجي لأخذ قراءات الإطار

الإجراءات

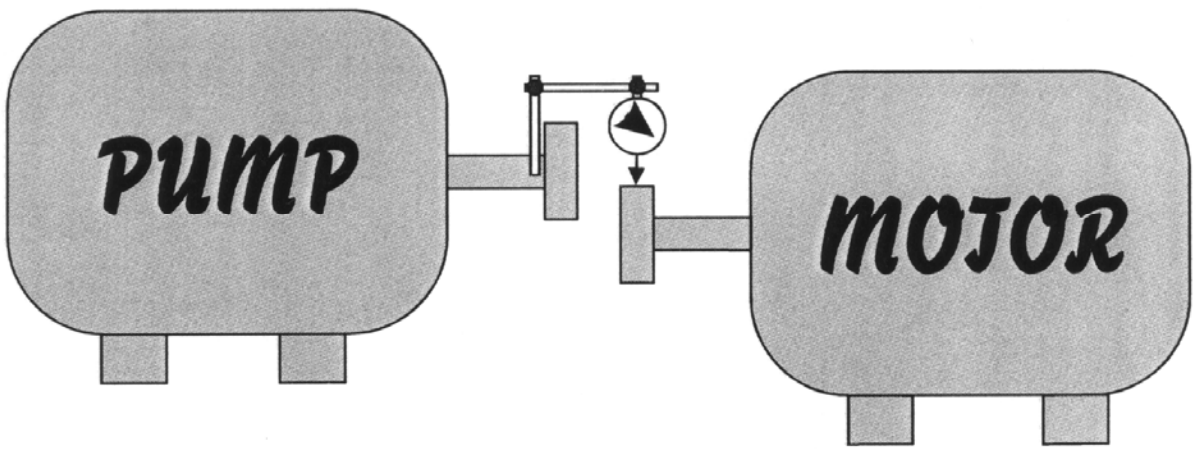
1. قم بتصفير المؤشر على وضع الساعة 12 (وضع الساعة 3 للحركات الأفقية).
2. قم بإدارة المؤشر 180 درجة وقراءة الخطأ من الاختلاف في القراءة. هذه هي القراءة الإجمالية للمؤشر.
3. احسب حركة رقيقة الضبط المناسبة عن طريق قسمة القراءة الإجمالية للمؤشر على 2، فينتج عن ذلك توازن الرقيقة للأقدام الأربع. الصيغة التالية هي الصيغة المستخدمة لحساب تعديلات رقيقة الضبط للخلل في التوازن المتوازي.

$$\text{Foot Adjustment} = \frac{\text{TIR} + \text{Sag}}{2}$$

المثال رقم 2 – حساب الخلل في التوازن المتوازي بطريقة الإطار والوجه

مستخدمًا: المعلومات التالية من الشكل 46 احسب حركات رقيقة الضبط المطلوبة لتحقيق أفضل توازن متواز.

- قراءة الإطار في الساعة 12: .000"
- قراءة الإطار في الساعة 6: +.038"
- ارتخاء الشدادة: .010"



الشكل 46 – حساب الخلل في التوازن المتوازي بطريقة الإطار والوجه (المثال رقم 2)

الحل:

$$\text{Foot Adjustment} = \frac{+.038" + .010"}{2} = .024"$$

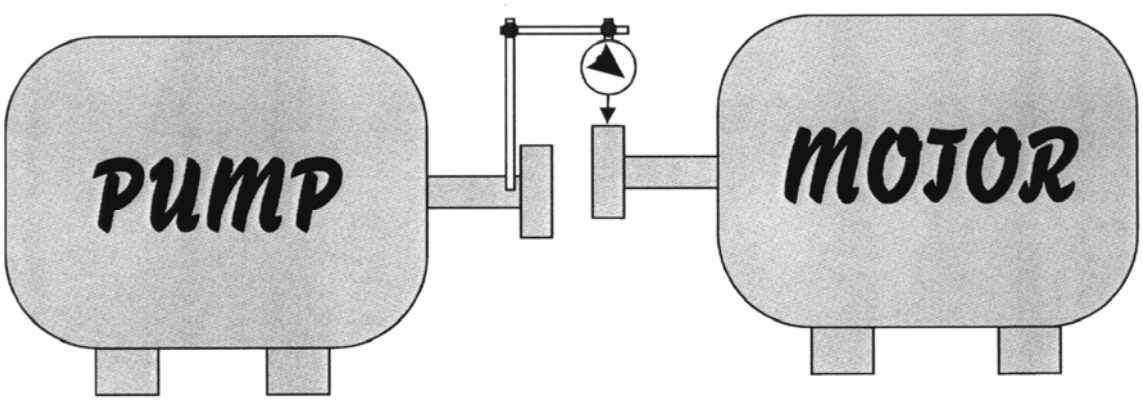
يمكن تحقيق أفضل توازن متوازٍ بإضافة رقيقة بضبط 0.024 بوصة أسفل كل قدم من أقدام الماكينة المتنقلة. الأرقام السالبة عادة ما توضح رقائق الضبط التي يجب إزالتها، بينما الأرقام الموجبة توضح أن ثمة حاجة لإضافة رقائق ضبط.

تمرين طريقة الإطار والوجه رقم 2

الهدف رقم 23
طريقة باستخدام التوازن عدم تصحيح والوجه الإطار.

مستخدمًا المعلومات التالية من الشكل 47 احسب تعديلات رقيقة الضبط اللازمة لتحقيق أفضل توازن متواز.

- قراءة الإطار في الساعة 12: .000"
- قراءة الإطار في الساعة 6: -.022"
- ارتخاء الشدادة: .008"



الشكل 47 - تمرين طريقة الإطار والوجه رقم 2

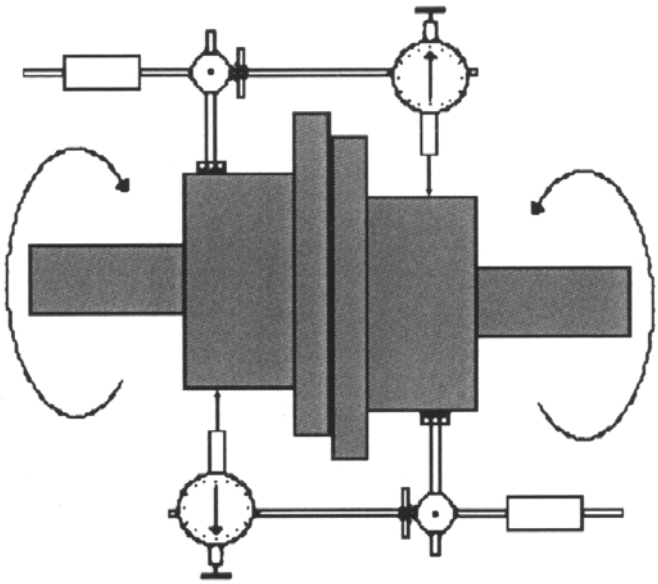
تعديلات القدم

_____

_____

طريقة توازن القرص المتصالب

توازن القرص المتصالب هي طريقة أخرى لتحقيق نفس نتائج طريقة الإطار والوجه. ورغم أنها لم تعد تعطي درجة الدقة المطلوبة، إلا أنها تعد الطريقة الأسرع لتحقيق التوازن، ويرجع السبب في ذلك إلى إمكانية تصحيح عدم التوازن الزاوي والمتوازي في نفس الوقت. يجب أن تتمكن الأعمدة من الدوران معًا لتنفيذ هذا التوازن، مما سيجعله اختيار أفضل، عند إيقاف تشغيل إحدى المعدات لفحص التوازن. ويمكن حساب نتائج طريقة القرص المتصالب رياضيًا أو بيانيًا، ويوضح الشكل 48 وضعًا نموذجيًا لمؤشر القرص لطريقة توازن القرص المتصالب..



الشكل 50 – الوضع نموذجي لمؤشر القرص المتصالب

ملاحظة:

سوف يكون من الضروري وضع ارتخاء الشدادة في الصورة لكل الحركات الرأسية، بسبب حل خلل التوازن المتوازي والزاوي في نفس الوقت. قم بإضافة مؤشر على وضع الساعة 12 واطرح ارتخاء الشدادة من المؤشر على وضع السعة 6. وسوف يظل ارتخاء الشدادة غير جدير بالاهتمام للحركات الأفقية.

:

المعادلة الرياضية لإجراء توازن قرص صلب تتبع القاعدة الهندسية الارتفاع علىالتشغيل. ومع تطبيق هذه القاعدة، يمكن الوصول إلى توازن الآلات بسهولة باستخدام المعادلات التالية:

$$\text{Front Foot Move} = \frac{B}{A} \times \frac{SM - MM}{2} - \frac{SM}{2}$$

$$\text{Rear Foot Move} = \frac{C}{A} \times \frac{SM - MM}{2} - \frac{SM}{2}$$

حيث إن:
A = المسافة بين المؤشرات القرصية
B = المسافة بين مؤشر الآلة الثابتة والقدم الأمامي
C = المسافة بين مؤشر الآلة الثابتة والقدم الخلفي
SM (الآلة الساكنة) = قراءة مؤشر الآلة الثابتة
MM (الآلة المتحركة) = = قراءة مؤشر الآلة المتحركة

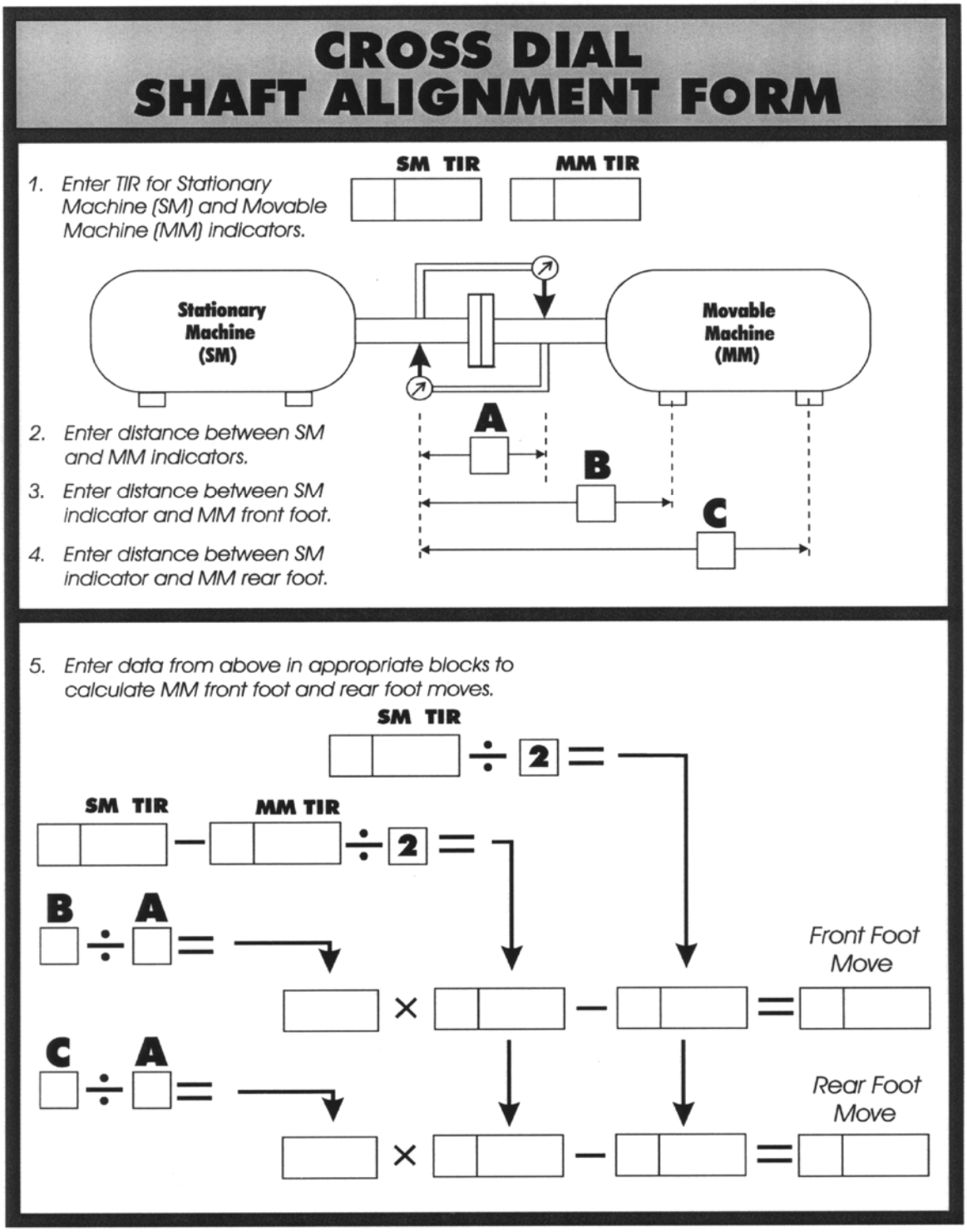
NOTE:

This mathematical formula applies to, and should be ONLY used for, the Cross Dial alignment method.

تم إدخال هذه المعادلة ضمن نموذج بيانات توازن عمود في الشكل رقم 51، لسهولة الاستخدام. ويعد ذلك تدريبًا على المعادلة السابقة من نوع "ملء الفراغات". ومع إدخال المعلومات المناسبة في الأماكن الصحيحة، يمكن تحديد حساب تغييرات رقيقة الضبط المطلوبة لتصحيح خلل التوازن الزاوي والمتوازي.

فيما يلي خطوات استكمال هذا النموذج:

1. أدخل إجمالي قراءات المؤشرات (TIR) لمؤشرات الآلة الثابتة (SM) والآلة المتحركة (MM) في المربعات المكتوب عليها "SM TIR" و"MM TIR". تأكد من معرفة سبب ارتخاء الشدادة.
2. أدخل المسافة بين مؤشرات الآلة الثابتة والآلة المتحركة في المربع "A".
3. أدخل المسافة بين مؤشر الآلة الثابتة والقدم الأمامي للآلة المتحركة في المربع "B".
4. أدخل المسافة بين مؤشر الآلة الثابتة والقدم الخلفي للآلة المتحركة في المربع "C".
5. أدخل البيانات المسجلة فيما سبق في المكان المخصص للحساب بهذا النموذج، واحسب تحركات القدم الأمامي والقدم الخلفي للآلة المتحركة.



الشكل 51 – نموذج حساب القرص المتصالب بالأعداد

المثال رقم 3 – حساب خلل توازن القرص المتصالب بالأعداد

مستخدمًا المعلومات التالية، احسب حركات رقيقة الضبط المطلوبة لتحقيق أفضل توازن متوازي وزاوي. افترض أن قرص الآلة المتحركة يبدأ في وضع الساعة 6، أما قرص الآلة الثابتة فيبدأ في وضع الساعة 12.

- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة. "030.+
- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة. "026.-
- ارتخاء الشدادة "006.
- البعد "A". "6
- البعد "B". "14
- البعد "C". "32

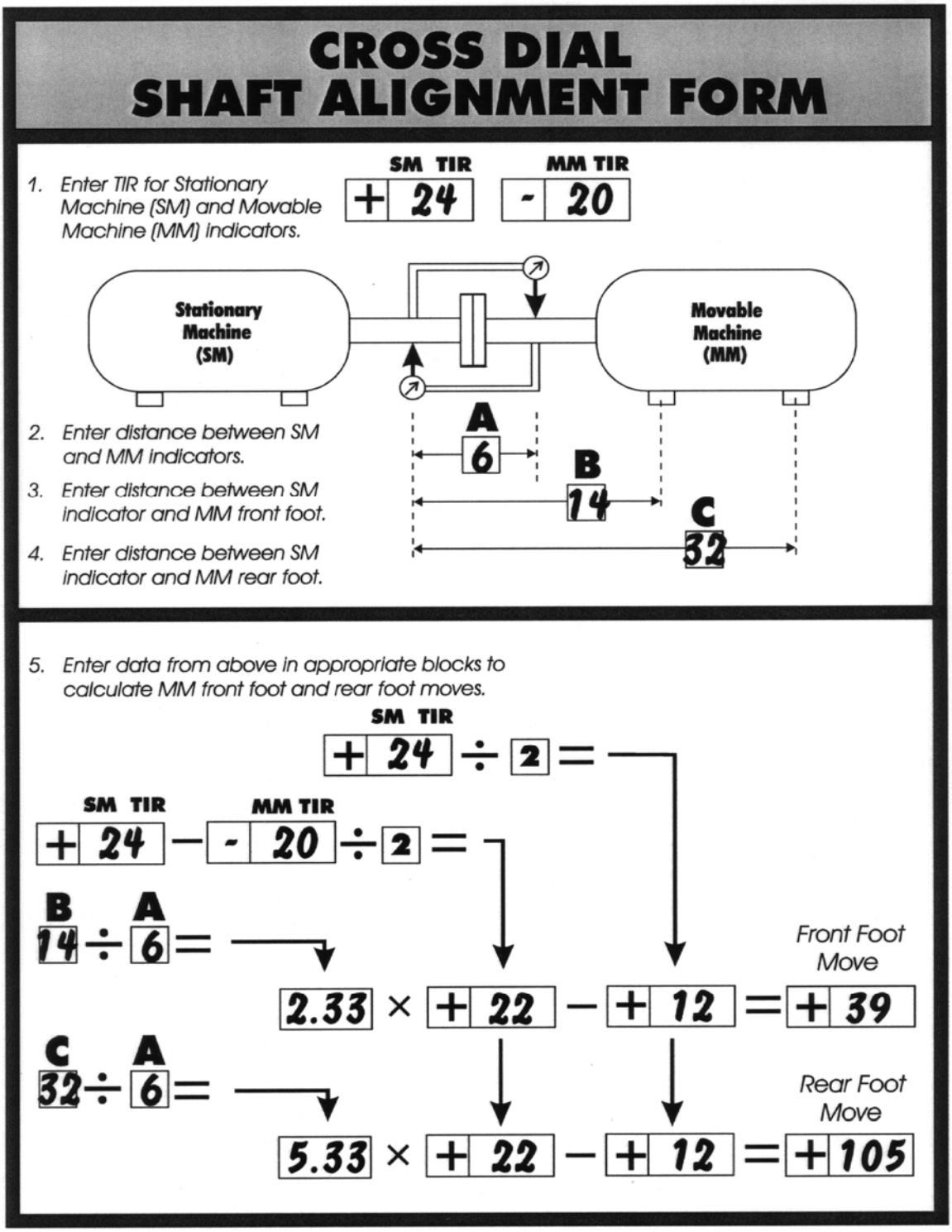
الحل:

$$\text{Front Foot Adjustment} = \frac{14}{6} \times \frac{+.024" - -.020"}{2} - \frac{+.024"}{2} = +.0393"$$

$$\text{Rear Foot Adjustment} = \frac{32}{6} \times \frac{+.024" - -.020"}{2} - \frac{+.024"}{2} = +.1053"$$

قد تلاحظ أن إجمالي قراءات مؤشر الآلة الثابتة والآلة المتحركة مختلفة عن المعطيات، ويرجع السبب في ذلك إلى أهمية معرفة ارتخاء الشدادة. في هذا المثال، يجب إضافة 0.006 بوصة إلى إجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة، وطرح 0.006 بوصة من إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة لتصحيح الحسابات، مما يجعل إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة + 0.024 بوصة، وإجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة -0.020بوصة.

يوضح الشكل رقم 52 طريقة الحساب باستخدام نموذج توازن القرص المتصالب. وعند استخدام هذا النموذج، قد تجد أنه من الأفضل استخدام "ملي" بدلاً من "جزء من الألف" للبوصة. فسيسمح لك ذلك باستخدام أرقام صحيحة وتجنب الأرقام العشرية المربكة. على سبيل المثال، إذا كان إجمالي قراءات المؤشرات 0.27 بوصة، فيجب أن تدخل الرقم 27 على النموذج. عند استخدام الملي، تذكر أن الحل سيكون أيضًا بالملي، أي أن +32.5، ستساوي في الواقع +0.0325. يُستخدم الملي في المثال الموضح بالشكل رقم 52، ونفس البيانات الموضحة أعلاه.

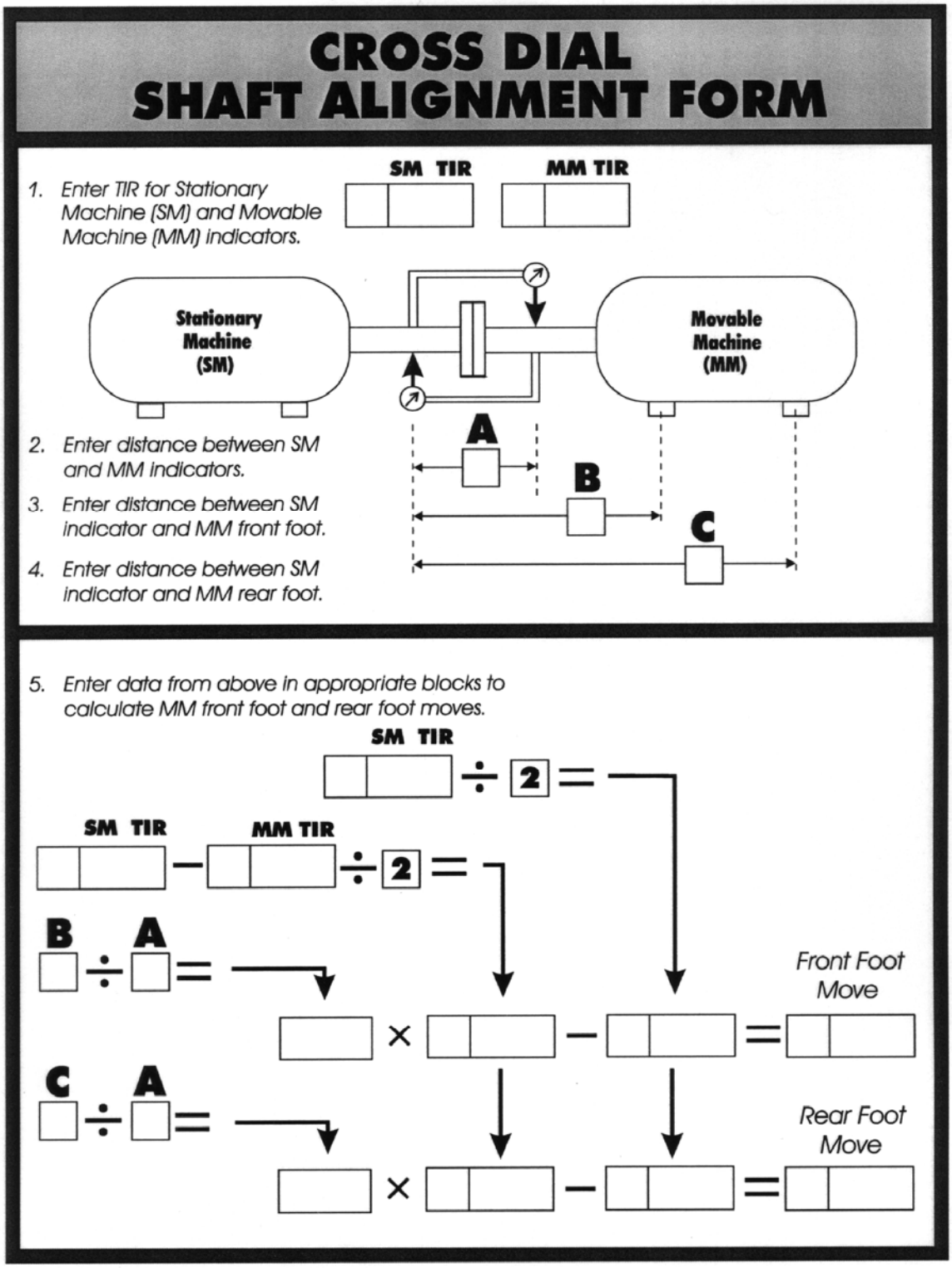


الشكل رقم 52 – حساب القرص المتصالب بالأعداد (المثال رقم 3)

التدريب رقم 1 على توازن القرص المتصالب

باستخدام المعلومات التالية، احسب تحركات رقيقة الضبط المطلوبة لتحقيق أفضل توازن متواز وزاوٍ باستخدام نموذج توازن القرص المتصالب الموضح في الشكل رقم 53. وافترض أن قرص الآلة المتحركة يبدأ في وضع الساعة 6، أما قرص الآلة الثابتة فيبدأ في وضع الساعة 12.

- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة. "000.
- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة. "017.-
- ارتخاء الشدادة "010.
- البعد "A". "6
- البعد "B". "18
- البعد "C". "36



الشكل رقم 53 – التدريب رقم 1 على توازن القرص المتصالب

25 رقم الهدف
الزاوي التوازن لخلل البياني الرسم
القرص طريقة باستخدام والمتوازي المتصالب

الحل البياني بالنسبة لمشاكل توازن القرص المتصالب، هو طريقة تمنحك إشارة مرئية حقيقية لعدم التوازن؛ ويؤدي ذلك إلى نفس النتائج كما لو كان قد تم حسابها بصورة دقيقة.

الإجراءات

1. ارسم خطًا أفقيًا بالقرب من منتصف ورقة الرسم البياني. وهذا هو خط التوازن الجاري (RAL).
2. ارسم خطًا رأسيًا بالقرب من الطرف الأيسر لورقة الرسم البياني. ويمثل هذا الخط موضع مؤشر الآلة الثابتة (SM).
3. ارسم خطًا رأسيًا أخر يخرج من خط مؤشر الآلة الثابتة الذي يمثل مؤشر الآلة المتحركة. لو كانت المسافة تبلغ 6 بوصة وتقوم باستخدام مقياس رسم بدرجة 1:1، عندئذ يبعد الخط بمقدار ستة أعمدة عن خط مؤشر الحركة الثابتة.
4. ارسم خطًا رأسيًا آخر يخرج من خط مؤشر الآلة الثابتة الذي يمثل القدم الأمامي للآلة المتحركة.
5. ارسم خطًا رأسيًا آخر يخرج من خط مؤشر الآلة الساكنة الذي يمثل القدم الخلفي للآلة المتحركة.
6. حدد القراءة الإجمالية للمؤشر القرصي بالنسبة للآلة الساكنة (وتذكر أن تقوم بتفسير حالة ارتخاء الشدادة) واقسم القراءة على اثنين. وهذه تمثل نقطة التخطيط بالنسبة لخط مؤشر الحركة الثابتة. القراءات الموجبة موجودة أعلى خط التوازن الجاري (RAL)، أما القراءات السالبة فتوجد أسفل خط التوازن الجاري (RAL).
7. حدد القراءة الإجمالية للمؤشر القرصي بالنسبة للآلة المتحركة (وتذكر أن تقوم بتفسير حالة ارتخاء الشدادة) واقسم القراءة على اثنين. وهذه تمثل نقطة التخطيط بالنسبة لخط مؤشر الآلة المتحركة.
8. وباستخدام مسطرة التقويم، استنتج نقاط التخطيط هذه عبر الخطوط الرأسية بالنسبة لمقدمة الآلة المتحركة والقدم الخلفية. وهذا يمثل خط خلل التوازن.
9. وفيما يتعلق بالخطوط الرأسية التابعة لقدم الآلة المتحركة، قم بإحصاء عدد القوالب التي توجد سواء أعلى أو أسفل خط خلل التوازن بالنسبة لخط التوازن الجاري. يجب إزالة الرفادات في حالة وجود خط خلل التوازن أعلى خط التوازن الجاري (RAL). يجب إضافة رقائق الضبط في حالة وجود خط خلل التوازن أسفل خط التوازن الجاري (RAL). وبافتراض استخدام مقياس رسم بدرجة 1:1، فعندئذ سيعادل كل قالب 0.001 بوصة.

في المثال التالي، سنستخدم البيانات ذات نفس البعد وقراءات المؤشر كما هي مستخدمة في المثال السابق للقرص المتصالب (مثال رقم 3)، حيث يسمح لك ذلك بمقارنة الطريقتين.

المثال رقم 4 – الحساب البياني لخلل توازن القرص المتصالب

مستخدمًا المعلومات التالية، احسب حركات رقيقة الضبط المطلوبة لتحقيق أفضل توازن متوازي وزاوي. افترض أن قرص الآلة المتحركة يبدأ في وضع الساعة 6، أما قرص الآلة الثابتة فيبدأ في وضع الساعة 12.

- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة. "+.030
- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة. "-.026
- ارتخاء الشدادة ".006

- البعد "A". 6"
- البعد "B". 14"
- البعد "C". 32"

الحل:

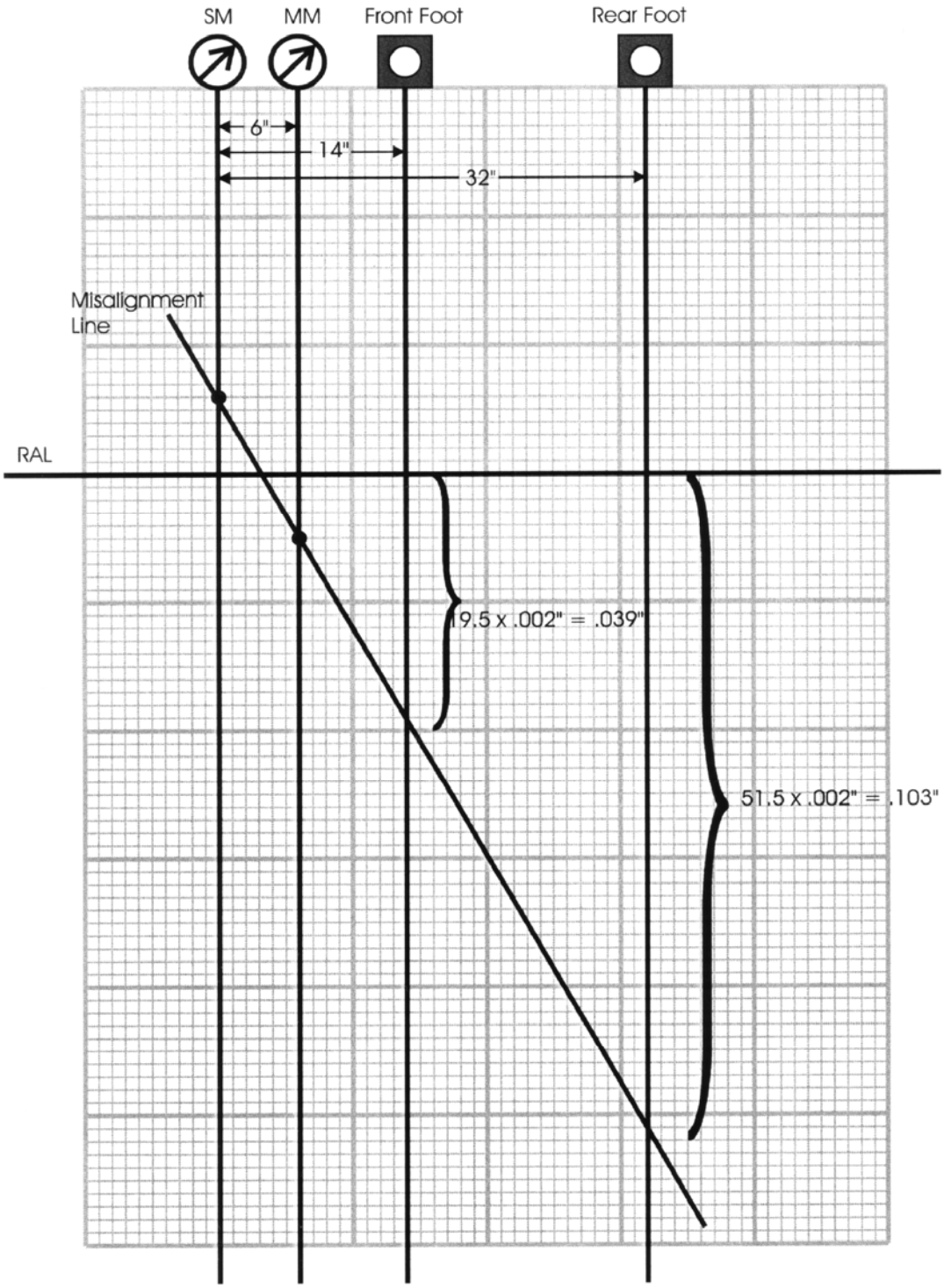
$$\text{SM Plot Point} = \frac{+.030" - .006"}{2} = +.012"$$

$$\text{MM Plot Point} = \frac{-.026" + .006"}{2} = -.010"$$

ملاحظة:

فيما يلي توضيح للقياس البياني لهذا المثال:

- المقياس الأفقي **1 Block = 1"**
- المقياس الأفقي **1 Block = .002"**



الشكل 54 – الحساب البياني لخلل توازن القرص المتصالب (مثال رقم 4)

عند مقارنة الرسم البياني في الشكل رقم 54 بالحل الرياضي المذكور في المثال رقم 3، ستجد أن النتائج متشابهة بدرجة كبيرة. وتعتمد الدقة هنا على المقياس الذي تم اختياره للرسم البياني. وتذكر أنه كلما كان الرسم البياني منظمًا

وأكثر دقة، سوف تحصل على حلول أدق. كما ستزيد دقة النتائج مع اقتراب الآلة المتحركة من خط التوازن الجاري (RAL). وعندما يمكنك ذلك، يجب أن تستخدم مقياسًا رأسيًا لكل مربع يساوي 0.001 بوصة، أو حتى أفضل من ذلك؛ أي أن قياس كل مربع يساوي 0.005 بوصة (السماح بوجود مسافات).

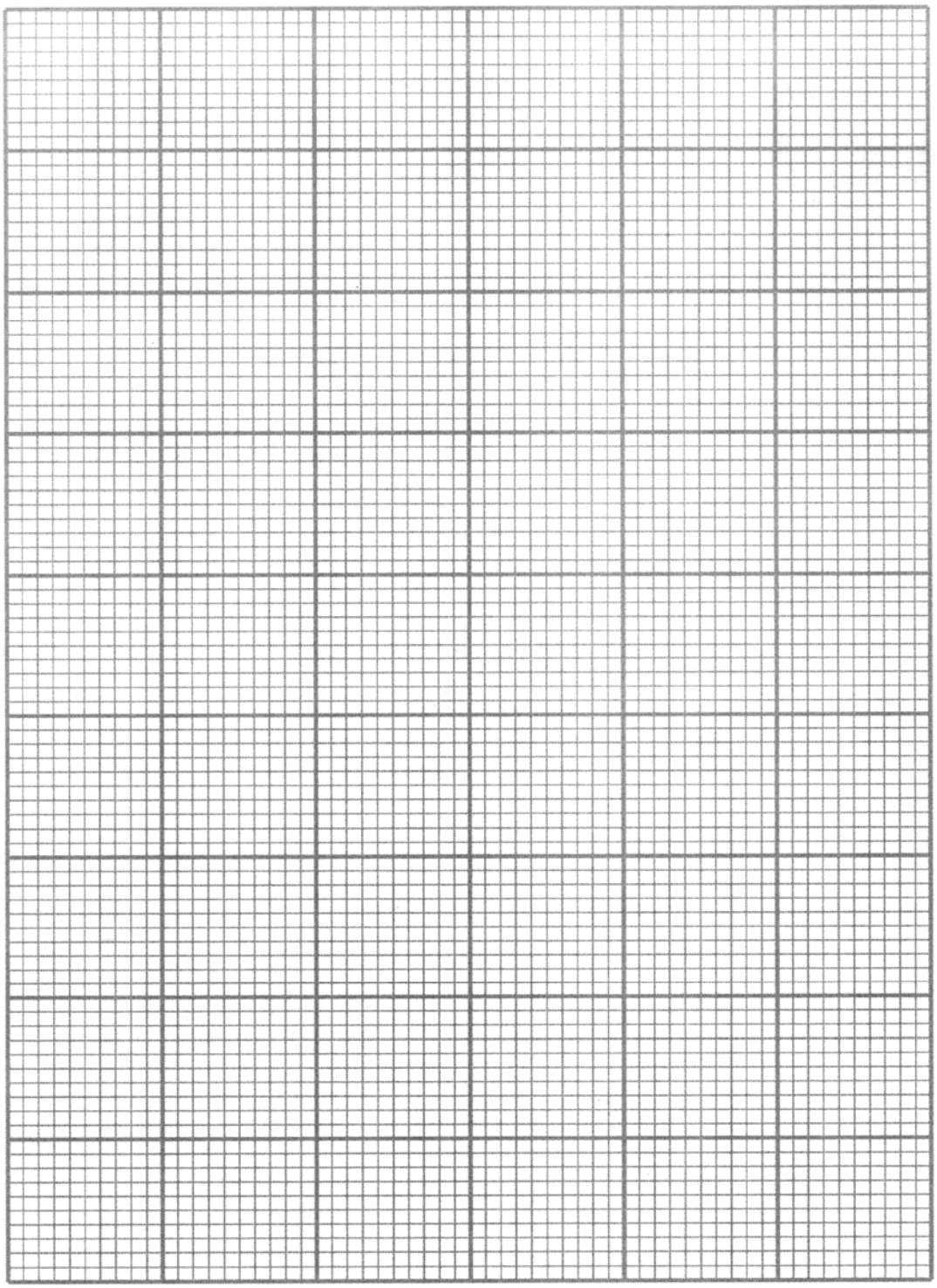
وبالنسبة للتدريب التالي، سنستخدم أرقامًا سبق استخدامها في توازن القرص المتصالب؛ التدريب رقم 1، ويجب أن تتطابق نتائجك هنا مع النتائج التي تم حسابها بالأعداد.

التدريب رقم 2 على توازن القرص المتصالب

باستخدام المعلومات التالية، احسب بيانيًا تحركات رقيقة الضبط المطلوبة لتحقيق أفضل توازن متوازي وزاوي باستخدام ورقة الرسم البياني الموضحة في الشكل رقم 55. وافترض أن قرص الآلة المتحركة يبدأ في وضع الساعة السادسة، أما قرص الآلة الثابتة فيبدأ في وضع الساعة الثانية عشر.

- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة. "000.
- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة. "017.-
- ارتخاء الشدادة "010.
- البعد "A". 6"
- البعد "B". 18"
- البعد "C". 36"

الهدف رقم 26
القرص طريقة باستخدام التوازن عدم تصحيح المتصالب.

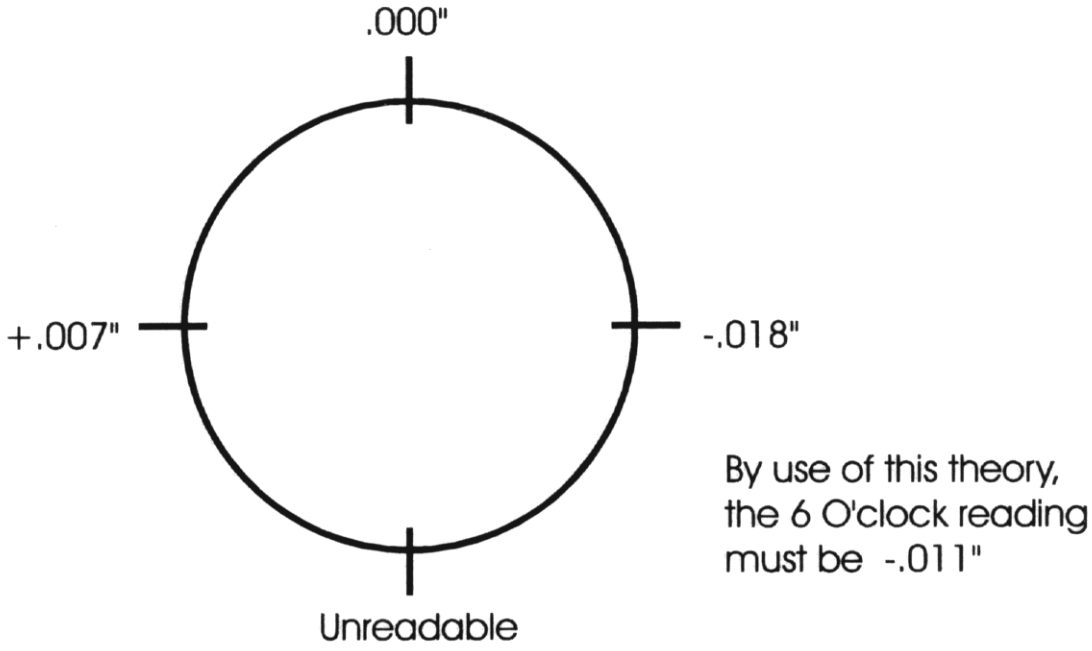


الشكل رقم 55 – التدريب رقم 2 على القرص المتصالب

طريقة توازن القرص العكسي

يشبه كثيرًا توازن القرص العكسي القرص المتصالب في النظري التي تحكم عمله وفي حسابات الخلل في التوازن. فيمكن حساب كلاهما بالمعادلات الرياضية أو بيانيًا. ورغم وجود فوارق طفيفة في المعادلات والمعالجة، فإن العملية متماثلة من الناحية العملية. وتوجد ميزتان أساسيتان لاستخدام القرص العكسي بدلاً من القرص المتصالب، أولاهما هي توافر العديد من التجهيزات سابقة الصنع المعدة للقرص العكسي، ويمكنك تحقيق التوازن بثلاث نقاط فقط.

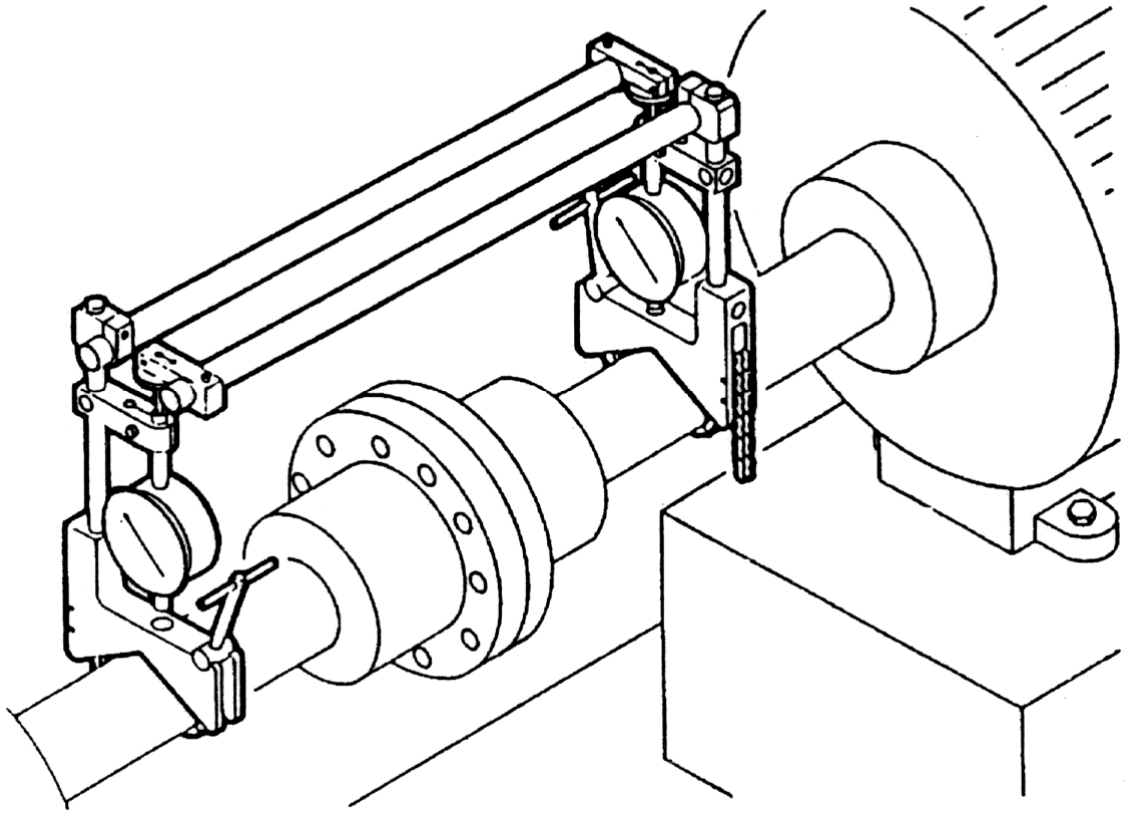
ورغم أن توازن أي قرص متصالب لا يتطلب سوى قراءة ثلاث نقاط فقط، فأنت لا تزال بحاجة إلى وضع المؤشر، بينما يسمح وضع قرص عكسي، مع وجود المؤشرين في نفس المخطط، بتحقيق توازن آلات مجودة في مساحة محدودة. عند تصفير المؤشر على وضع الساعة 12، وقراءة الأوضاع عند الساعة 3 و 9، يمكن تحديد وضع الساعة 6. فإن مواصفات أي دائرة تفيد بأن مجموع القراءات الجانبية، عند القراءة بمؤشر قرصي، يجب أن يساوي مجموع القراءة القصوى والقراءة الدنيا. وهذا هو الموضح في الشكل 56.



الشكل 56 – البحث عن نقاط مؤشر غير قابلة للقراءة

قد تكون إمكانية قراءة العمود عند ثلاث نقاط فقط ميزة كبيرة، إلا أنه هناك بعض العيوب في استخدام هذه الطريقة في كل وقت. وحتى يمكن أن تعمل هذه الطريقة، يجب أن تقرأ "بدقة" أوضاع الساعة 12 و3 و9. وعادة ما يؤدي ذلك إلى بعض الأخطاء عند حساب وضع الساعة 6،

ومن الطرق التي يمكنك بها التأكد من أخذ القراءات عند النقاط الصحيحة، استخدم مسواة بفقاعة توافقية موصلة بالعمود. وعندما تكون الفقاعة في الوسط بالضبط، سوف يكون هذا هو الوضع الصحيح لقراءة المؤشر. ويعرف هذا أيضًا باسم "مؤشر رباعي النقاط". ويوضح الشكل 57 الوضع النموذجي للقرص العكسي.

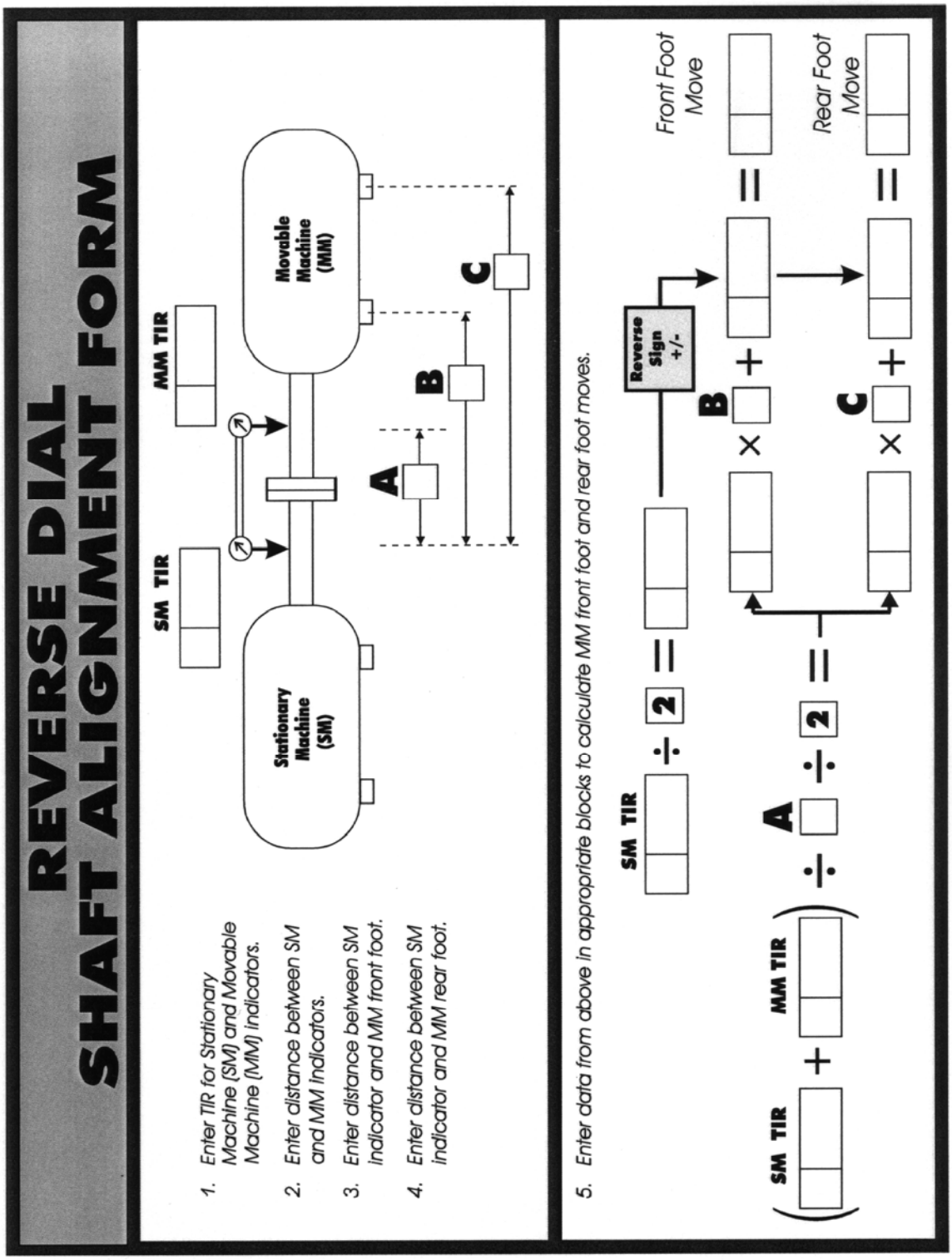


الشكل 57 – وضع القرص العكسي

:

تم إدخال معادلة القرص العكسي ضمن نموذج بيانات توازن عمود في الشكل رقم 58، لسهولة الاستخدام. ومع إدخال المعلومات المناسبة في الأماكن الصحيحة، يمكن تحديد حساب تغييرات رقيقة الضبط المطلوبة لتصحيح خلل التوازن الزاوي والمتوازي.

الهدف رقم 27
معًا والمتوازي الزاوي التوازن عدم حساب
.العكسي القرص طريقة باستخدام



الشكل 58 – نموذج حساب القرص العكسي بالأعداد

فيما يلي خطوات استكمال هذا النموذج:

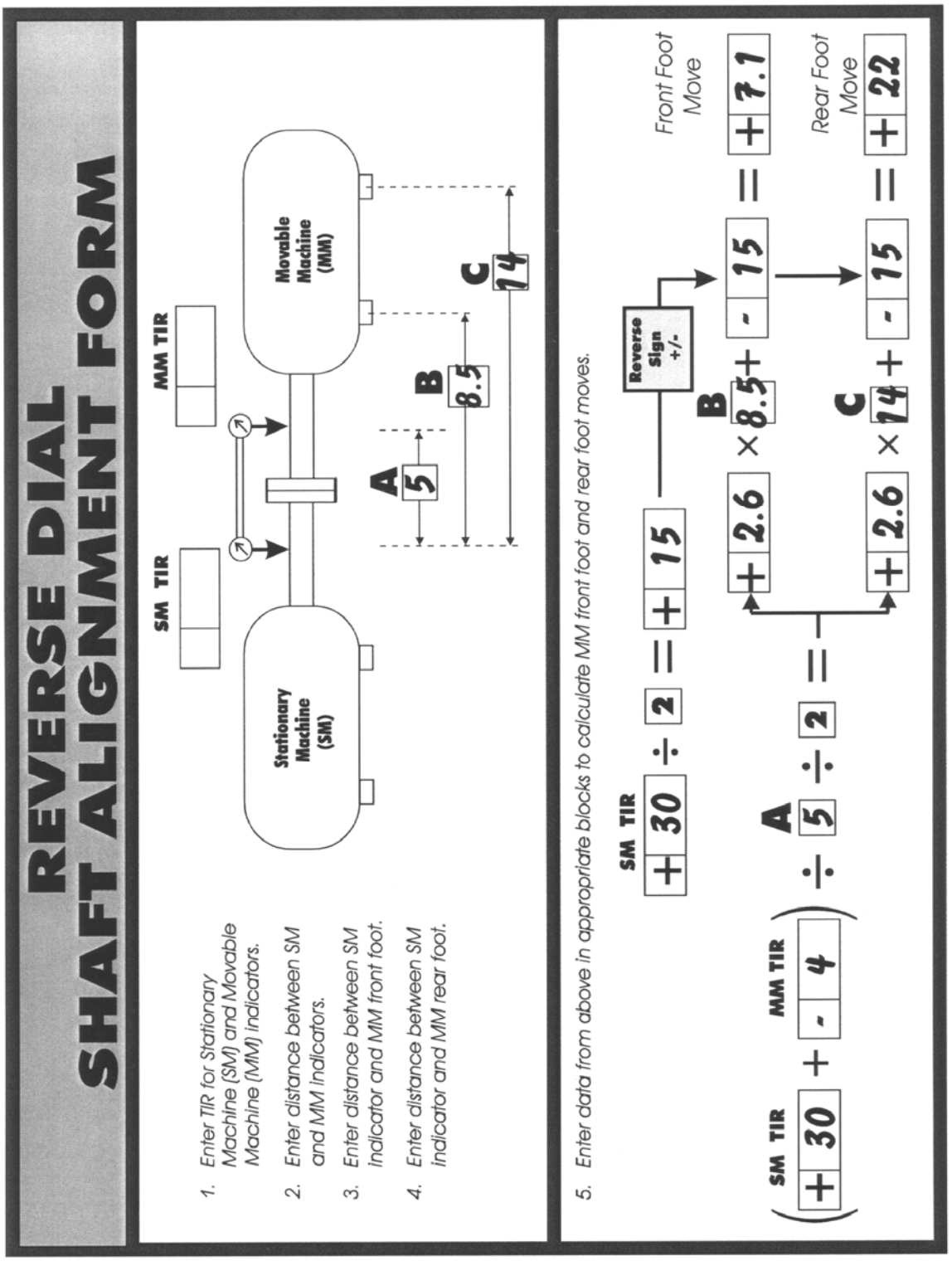
1. أدخل إجمالي قراءات المؤشرات (TIR) لمؤشرات الآلة الثابتة (SM) والآلة المتحركة (MM) في المربعات المكتوب عليها "SM TIR" و"MM TIR". تأكد من معرفة سبب ارتخاء الشدادة.
2. أدخل المسافة بين مؤشرات الآلة الثابتة والآلة المتحركة في المربع "A".
3. أدخل المسافة بين مؤشر الآلة الثابتة والقدم الأمامي للآلة المتحركة في المربع "B".
4. أدخل المسافة بين مؤشر الآلة الثابتة والقدم الخلفي للآلة المتحركة في المربع "C".
5. أدخل البيانات المسجلة فيما سبق في المكان المخصص للحساب بهذا النموذج، واحسب تحركات القدم الأمامي والقدم الخلفي للآلة المتحركة.

المثال رقم 5 – حساب خلل توازن القرص العكسي بالأعداد

مستخدمًا المعلومات التالية، احسب حركات رقيقة الضبط المطلوبة لتحقيق أفضل توازن متوازي وزاوي.

- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة. "+.024
- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة. "-.010
- ارتخاء الشدادة .006"
- البعد "A". 5"
- البعد "B". 8.5"
- البعد "C". 14"

يوضح الشكل رقم 59 طريقة الحساب باستخدام نموذج توازن القرص العكسي. وعند استخدام هذا النموذج، قد تجد أنه من الأفضل استخدام "ملي" بدلاً من "جزء من الألف" للبوصة. فسيسمح لك ذلك باستخدام أرقام صحيحة وتجنب الأرقام العشرية المربكة. على سبيل المثال، إذا كان إجمالي قراءات المؤشرات 0.27 بوصة، فيجب أن تدخل الرقم 27 على النموذج. عند استخدام الملي، تذكر أن الحل سيكون أيضًا بالملي، أي أن +32.5، ستساوي في الواقع +0.0325. يُستخدم الملي في المثال الموضح بالشكل رقم 59، ونفس البيانات الموضحة أعلاه.



الشكل رقم 59 – حساب القرص العكسي بالأعداد (المثال رقم 5)

قد تلاحظ أن إجمالي قراءات مؤشر الآلة الثابتة والآلة المتحركة مختلفة عن المعطيات، ويرجع السبب في ذلك إلى أهمية معرفة ارتخاء الشدادة. في هذا المثال، يجب إضافة 0.006 بوصة إلى إجمالي قراءات المؤشرات لإجراء العمليات الحسابية الصحيحة، مما يجعل إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة 0.030 بوصة، وإجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة -0.004بوصة.

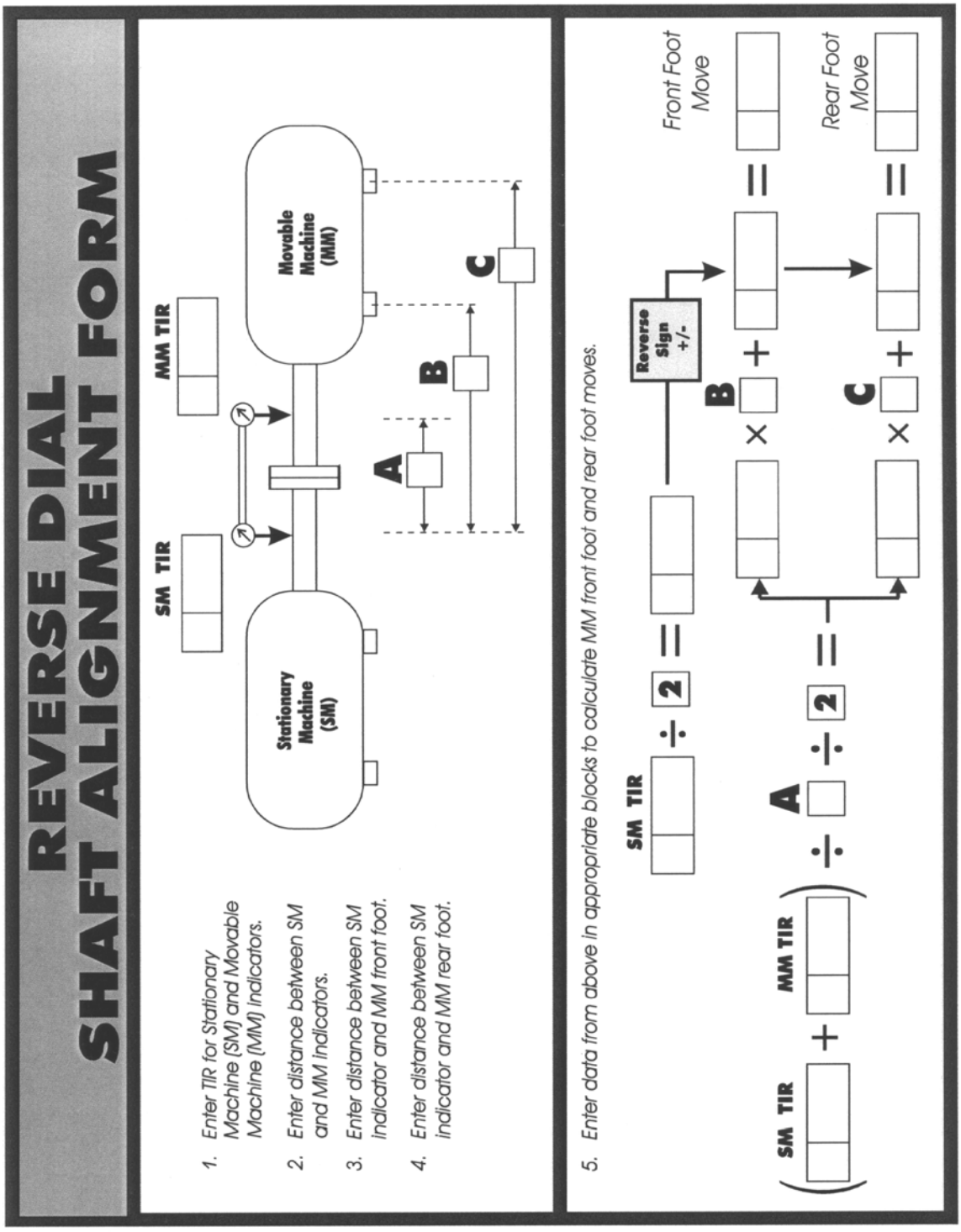
ملاحظة:

هذا الشكل من عملية التوازن تنطبق على طريقة توازن القرص العكسي ويجب ألا تُطبق إلا عليها.

التدريب رقم 1 على توازن القرص العكسي

مستخدمًا المعلومات التالية، احسب حركات رقيقة الضبط المطلوبة لتحقيق أفضل توازن متوازي وزاوي باستخدام نموذج توازن القرص العكسي الموجود بالشكل 60.

- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة. "015.-
- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة. "002.-
- ارتخاء الشدادة "011.
- البعد "A". "18
- البعد "B". "30
- البعد "C". "46



الشكل رقم 60 – التدريب رقم 1 على توازن القرص العكسي

الحل البياني بالنسبة لمشاكل توازن القرص العكسي هو طريقة تمنحك إشارة مرئية حقيقية لعدم التوازن تشبه كثيرًا الطريقة المستخدمة بالنسبة لتوازن القرص المتصالب. ويؤدي ذلك إلى نفس النتائج كما لو كان قد تم حلها حسابيًا. والاختلاف الوحيد لهذا النوع من التوازن هو ضرورة تغيير علامة قراءة مؤشر الآلة المتحركة MM قبل التخطيط.

28 رقم الهدف
الزاوي التوازن لخلل المجمع البياني الرسم
.العكسي القرص طريقة باستخدام والمتوازي

الإجراءات

1. ارسم خطًا أفقيًا بالقرب من منتصف ورقة الرسم البياني. هذا هو خط التوازن الجاري (RAL).
2. ارسم خطًا رأسيًا بالقرب من الطرف الأيسر لورقة الرسم البياني. ويمثل هذا الخط موضع مؤشر الآلة الثابتة (SM).
3. ارسم خطًا رأسيًا أخر يخرج من خط مؤشر الآلة الثابتة الذي يمثل مؤشر الآلة المتحركة. لو كانت المسافة تبلغ 6 بوصة وتقوم باستخدام مقياس رسم بدرجة 1:1، عندئذ يبعد الخط بمقدار ستة مربعات عن خط مؤشر الحركة الساكنة.
4. ارسم خطًا رأسيًا أخر يخرج من خط مؤشر الآلة الثابتة الذي يمثل مؤشر الآلة المتحركة.
5. ارسم خطًا رأسيًا أخر يخرج من خط مؤشر الآلة الثابتة الذي يمثل مؤشر الآلة المتحركة.
6. حدد القراءة الإجمالية للمؤشر القرصي بالنسبة للآلة الثابتة (وتذكر أن تقوم بتفسير حالة إرتخاء الشدادة) واقسم القراءة على اثنين. وهذه تمثل نقطة التخطيط بالنسبة لخط مؤشر الحركة الثابتة. القراءات الموجبة موجودة أعلى خط التوازن الجاري (RAL)، أما القراءات السالبة فتوجد أسفل خط التوازن الجاري (RAL).
7. حدد القراءة الإجمالية للمؤشر القرصي بالنسبة للآلة المتحركة (تذكر تفسير حالة ارتخاء الشدادة) واقسم القراءة على اثنين ثم قم بتغيير العلامة (القراءات الإيجابية تصير سلبية والقراءات السلبية تصير إيجابية). وهذه تمثل نقطة التخطيط بالنسبة لخط مؤشر الآلة المتحركة.
8. وباستخدام مسطرة التقويم، استنتج نقاط التخطيط هذه عبر الخطوط الرأسية بالنسبة للقدم الأمامي والقدم الخلفي للآلة المتحركة. وهذا يمثل خط خلل التوازن.
9. وفيما يتعلق بالخطوط الرأسية لقدم الآلة المتحركة، قم بإحصاء عدد المربعات الموجودة سواء أعلى أو أسفل خط خلل التوازن بالنسبة لخط التوازن الجاري. يجب إزالة رقيقة الضبط، في حالة وجود خط خلل التوازن أعلى خط التوازن الجاري (RAL). يجب إضافة رقيقة ضبط في حالة وجود خط خلل التوازن أسفل خط التوازن الجاري (RAL). وبافتراض استخدام مقياس رسم بدرجة 1:1، فعندئذ سيعادل كل قالب 0.001 بوصة.

في المثال التالي، سنستخدم نفس البيانات حول الأبعاد وقراءات المؤشر المذكورة والمستخدمة في المثال السابق للقرص العكسي (مثال رقم 5)، حيث يسمح لك ذلك بمقارنة الطريقتين.

المثال رقم 6 – حساب خلل توازن القرص العكسي بيانيًا

مستخدمًا المعلومات التالية، احسب حركات رقيقة الضبط المطلوبة لتحقيق أفضل توازن متوازي وزاوي.

- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة "+.024
- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة. "-.010
- ارتخاء الشدادة .006"
- البعد "A". 5"

- البعد "B". 8.5"
- البعد "C". 14"

الحل:

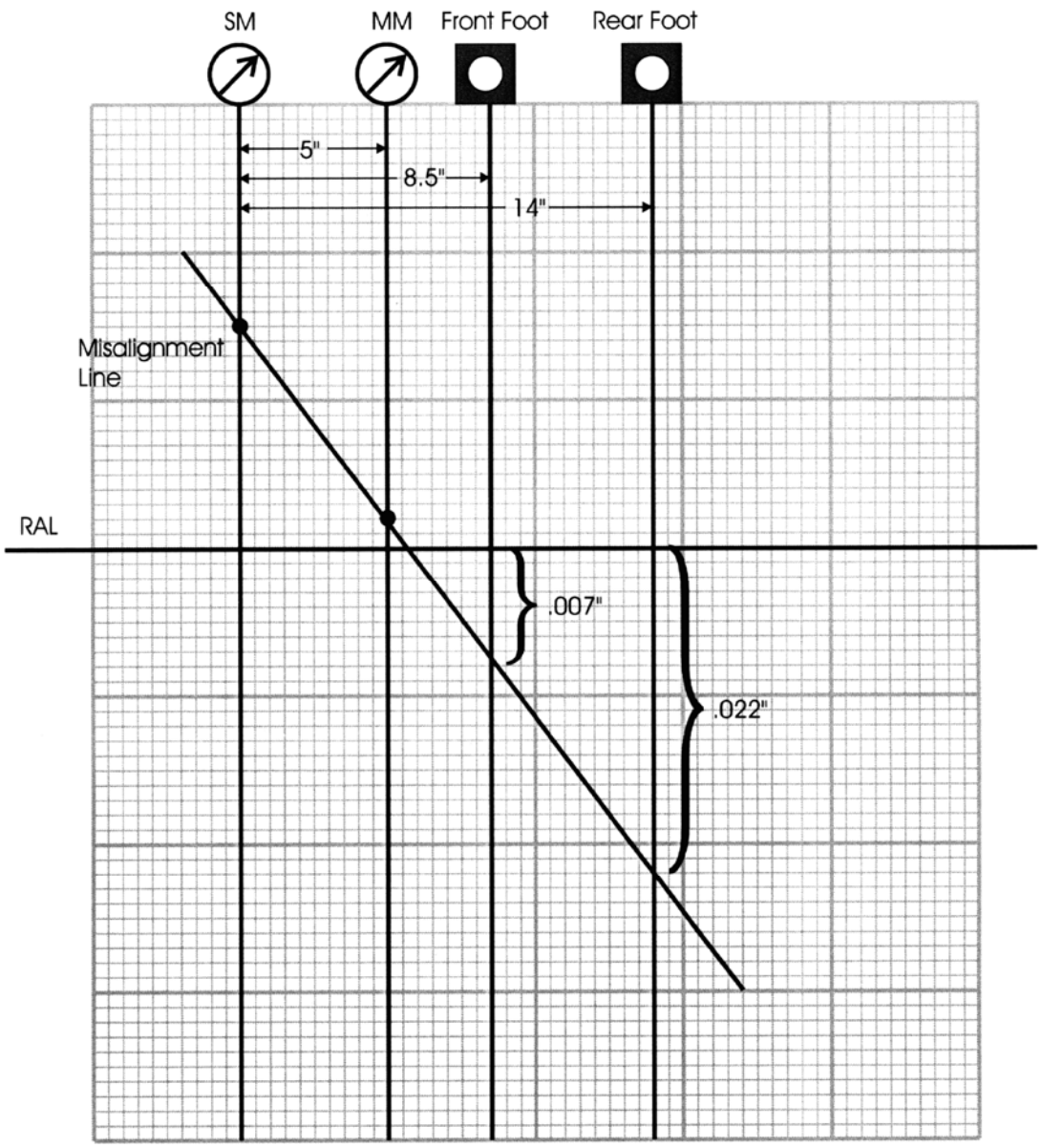
$$\text{SM Plot Point} = \frac{+.024" + .006"}{2} = +.015"$$

$$\text{MM Plot Point} = \frac{-.010" + .006"}{2} = -.002"(+/-) = +.002"$$

ملاحظة:

مقياس الرسم البياني لهذا المثال هو كما يلي:

- المقياس الأفقي **1 Block = .5"**
- المقياس الرأسي **1 Block = .001"**



الشكل 61 – حساب خلل توازن القرص العكسي (مثال 6)

وبالنسبة للتمرين التالي، سنستخدم نفس الأرقام المستخدمة من قبل في تمرين توازن القرص العكسي (التمرين رقم 1)، ويجب الحصول على نفس النتائج كما سبق حلها حسابيًا.

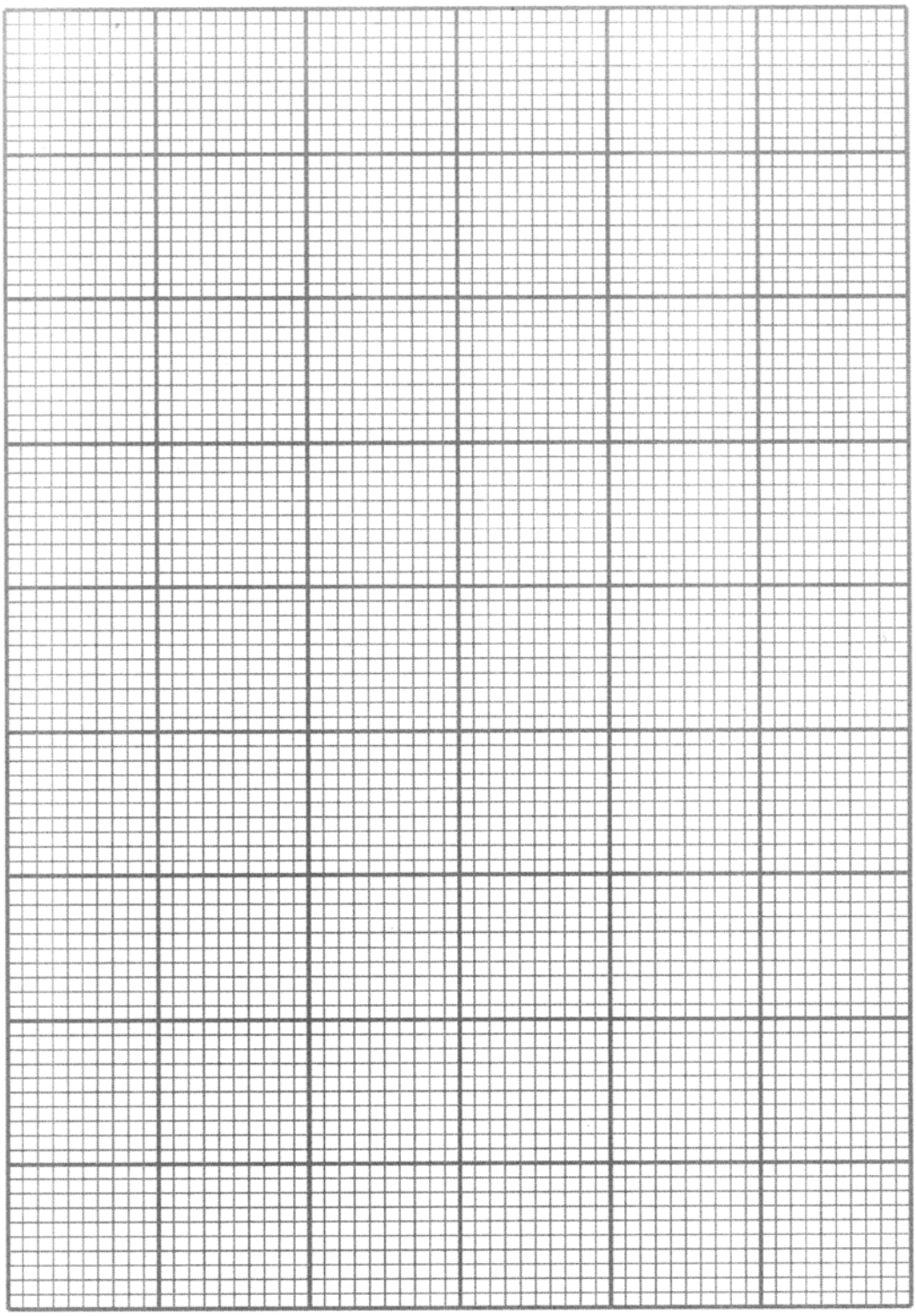
التمرين رقم 2 على توازن القرص العكسي

مستخدمًا المعلومات التالية، احسب حركات رقيقة الضبط المطلوبة لتحقيق أفضل توازن متوازي وزاوي باستخدام الرسم البياني الموجود بالشكل 62.

الهدف رقم 29
التوازن المتصالب باستخدام طريقة القرص العكسي.

- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة "015.-
- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة. "002.-

- ارتخاء الشدادة "011.
- البعد "A". "18
- البعد "B". "30
- البعد "C". "46



الشكل 62 – القرص العكسي التدريب رقم 2

ملخص

ماذا تعلمت..

تناول هذا الفصل الأنواع الميكانيكية الثلاثة للتوازن التي يمكن استخدامها أثناء المرحلة الدقيقة لتوازن مجموعة من الآلات.

يمكن استخدام أي من هذه الطرق الثلاث المستخدمة في حالة الخلل في التوازن في المستويات الرأسية والأفقية.

والفقرة التالية هي نبذة مختصرة عن كل طريقة:

1. طريقة الإطار والوجه – تستخدم هذه الطريقة عندما لا يمكن إدارة أي أعمدة سوى عمود واحد فقط، ويجب استخدامها لحل حالة الخلل في التوازن المتوازي والزاوي كل على حدة.

2. طريقة القرص المتصالب – يمكن حل هذه الطريقة إما حسابيًا أو بيانيًا، حيث تقوم بتصحيح حالتي الخلل في التوازن المتوازي والزاوي في نفس الوقت. المؤشرات القرصية مركبة بحيث يقابل كل منها الأخر.

3. طريقة القرص العكسي – وهي نفس طريقة القرص المتصالب، فيما عدا أن المؤشرات القرصية تكون مركبة في نفس المستوى. هذه الطرق الثلاث مفيدة بالنسبة للقراءات الخفية.

ويمكن لهذه الطرق تحقيق التوازن الدقيق عند استخدامها بصورة صحيحة. وتتوقف الطريقة التي تختارها على نوع الآلة ومعدات التوازن المتاحة والنظام المريح بالنسبة لك.+

أسئلة للمراجعة

1. يجب استخدام طريقة توازن الإطار والوجه فقط:

2. ما هي الخطوة المستخدمة في طريقة الإطار والوجه لتصحيح الخلل في التوازن الزاوي؟

3. ما هي الميزة الكبيرة لاستخدام طرق القرص المتصالب والقرص العكسي بدلاً من طريقة الإطار والوجه؟

4. ما هي طريقة التوازن التي تتطلب معدل ميل قدره 180 درجة فقط لحساب الخلل في التوازن؟

5. ما هي الأداة التي يمكن استخدامها للتأكد من أنه قد تم أخذ جميع القراءات بدقة عند مواضع الساعة 12 و3 و6 و9؟

In this chapter:

عملية تحديد الزيادة في درجات الحرارة التي تواجهها الآلة بدقة والتعويض عنها أثناء عملية التوازن هذا إلى جانب الزيادة في درجات الحرارة من آلة لأخرى. 97
الشكل 65 – تمرين #1 104
عند تمثيل الخلل في التوازن المتصالب أو طريقة القرص العكسي. ويتطابق الرسم البياني مع أي توازن عادي في كل شيء، عدا في إضافة وضعي الآلة على تغيير علامة مؤشر الآلة المتحركة قبل التخطيط. 104
الشكل رقم 69- بيانات حول الأبعاد والمؤشرات **للتمرين رقم 2** 109

الهدف رقم 30
احسب الزيادة في درجة الحرارة لمجموعة آلات.

الفصل 5

الزيادة في درجات الحرارة

مقدمة

يغطي هذا الفصل موضوع الزيادة في درجات الحرارة وتأثيراتها على مجموعة الآلات. تؤثر الزيادة في درجات الحرارة على كافة الآلات، مما يتسبب في إحداث خلل في توازن الأعمدة المتوازنة بصورة فائقة أثناء التشغيل. وإذا ما استطعنا تحديد الزيادة المتوقعة في درجات الحرارة للآلة، يمكننا إحداث خلل في توازن المعدات عمدًا حتى يكون هناك توازن كامل للخطوط المركزية للأعمدة أثناء التشغيل. وفي الوقت الذي يحدث فيه خلل مقصود لتوازن الأعمدة، سنحتاج أيضًا إلى تفسير قراءات المؤشر القرصي لتحديد ما إذا كانت الموازنة صحيحة بالنسبة للآلة وعوامل الزيادة في درجات الحرارة.

وفي معظم الحالات، يساء فهم الزيادة في درجات الحرارة فيما يتعلق بتحقيق توازن المعدات الدوارة. وجميع الآلات تقريبًا تزيد درجة حرارتها لدرجة ما عندما تصل إلى الظروف اللازمة لتشغيلها. ومن الممكن أن يكون سبب هذا الارتفاع في درجات الحرارة عددًا من العوامل التي تتراوح ما بين تحرك السائل خلال المضخة ووصولاً للبيئة المحيطة. ويمكن لصانع الآلة إعطاء الزيادة المتوقعة الناتجة عن تشغيل الآلة فقط. ويعتبر هذا جيد في حالة عدم تسبب المعددات أو البيئة المحيطة لأي حرارة إضافية، لكن هذا **لا** يحدث دائمًا.

عملية تحديد الزيادة في درجات الحرارة وتصحيحها ليست معقدة كما يظن معظم الناس. فيمكنك تحديد الزيادة في درجات الحرارة التي تواجهها الآلة بدقة والتعويض عنها أثناء عملية التوازن بطريقة معتدلة وسهلة. وسترى أيضًا أن الزيادة في درجات الحرارة لا تحدث بصورة منتظمة من الجزء الأمامي وحتى الجزء الخلفي للآلة، هذا إلى جانب الزيادة في درجات الحرارة من آلة لأخرى.

حساب الزيادة في درجات الحرارة

ويعتبر حساب الزيادة في درجات الحرارة عملية في غاية السهولة، لدرجة أنها لا تضيف وقتًا كبيرًا لعملية التوازن. في الواقع، يجب استكمال معظم المعلومات الضرورية لتحديد الزيادة في درجات الحرارة أثناء تشغيل الآلة.

وبمجرد تجميع هذه المعلومات، قد لا تقوم هذه المعلومات بإحداث تغيير كبير لدرجة أنه يجب إعادة حسابها مرة أخرى. والأجزاء التالية تمثل المتغيرات اللازمة لحساب الزيادة في درجات الحرارة لكل قدم من أقدام الآلة.

T_{Cold} متوسط درجة الحرارة أثناء إيقاف التشغيل

T_{Hot} متوسط درجة الحرارة أثناء التشغيل

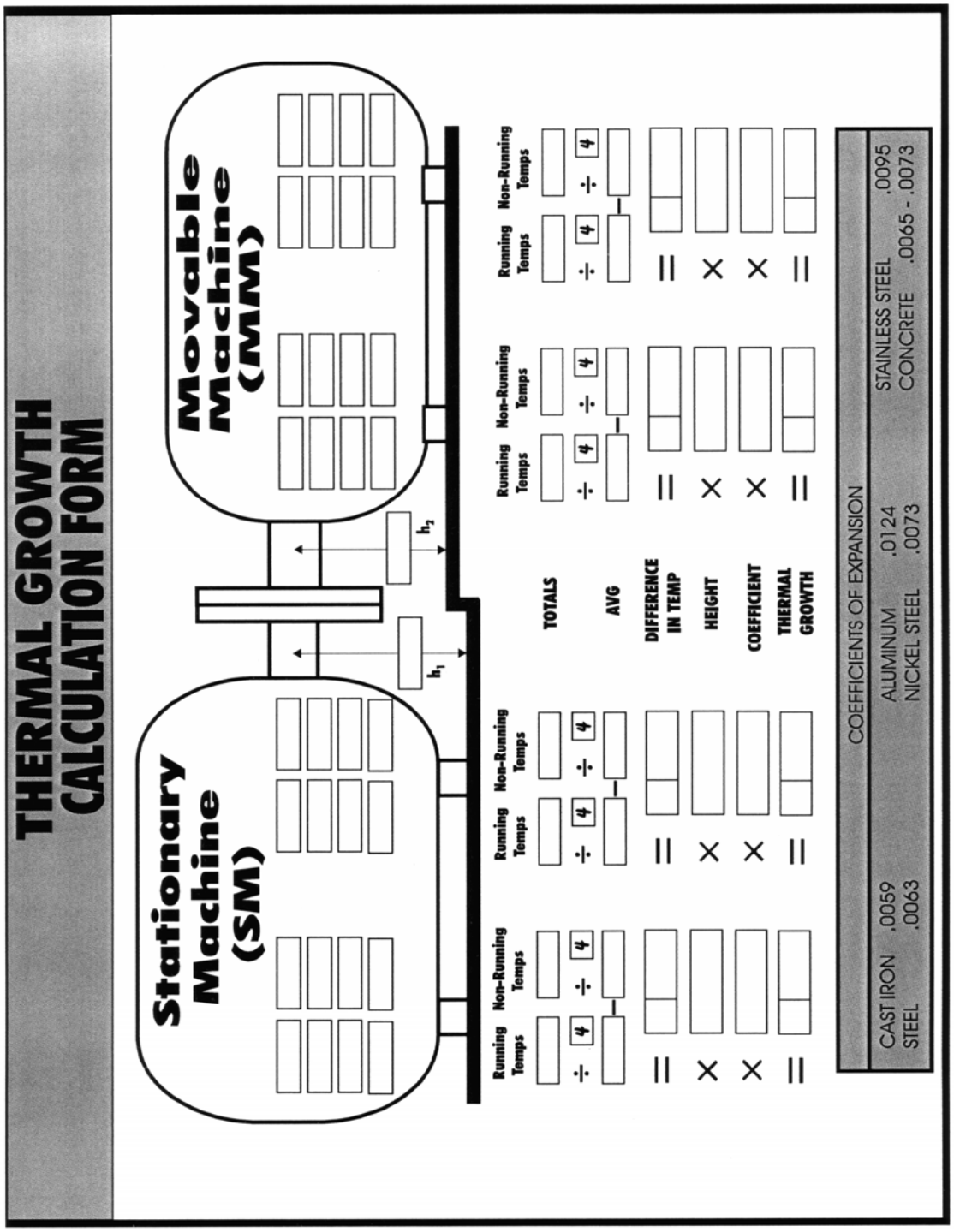
h درجة الارتفاع من صفيحة القاعدة حتى الخط المركزي للعمود.

k معامل التمدد للآلة (بالمليمتر)

وتُدمج هذه العوامل في الصيغة التالية:

$$ThermalGrowth = (T_{Hot} - T_{Cold}) \times h \times k$$

ولسهولة الاستخدام، تم دمج هذه الصيغة في نموذج حساب الزيادة في درجات الحرارة، كما هو موضح بالشكل رقم 63.



الشكل 63 – نموذج حساب الزيادة الحرارية

1. وبالنسبة لجميع الآلات، يتعين علينا أولاً تحديد معامل التمدد من نوع المادة التي تتكون منها الآلة. ولكل المواد معدلات تمدد مختلفة يمكن الحصول عليها من نموذج حساب الزيادة في درجات الحرارة. وتقدم معدلات التمدد هذه بالملي، وبالتالي تحسب جميع عوامل الزيادة في درجات الحرارة بالملي. يوضح الجدول رقم 1 معدلات التمدد النموذجية للعديد من المواد المعروفة. سجل المعامل المادي للتمدد في المربعات المناسبة بنموذج حساب الزيادة في درجات الحرارة.

الجدول رقم 1 – معاملات التمدد (بالمليمترات)

معدل التمدد	المادة
.0059	الحديد الزهر
.0063	الصلب
.0124	الألومنيوم
.0073	الفولاذ النيكلي
.0095	الحديد الذي لا يصدأ (ستينليس ستيل)
.0065 - .008	الخرسانة

2. بمجرد تحديد المادة، يكون من الضروري قياس ارتفاع الآلة. وبما أننا معنيين فقط بالخطوط المركزية للعمود، يتم قياس الارتفاع من صفيحة القاعدة وحتى الخط المركزي لكل عمود. يجب قياس الارتفاع بالبوصة. يجب أن تكون القياسات دقيقة في نطاق 4/1 بوصة للحفاظ على الحسابات الدقيقة. سجل قياسات الارتفاع في مربعات مناسبة على نموذج الحساب.

3. الخطوة التالية عبارة عن تسجيل درجات الحرارة أثناء التشغيل وأثناء إيقاف التشغيل. وترتفع درجات الحرارة أثناء التشغيل بصورة نموذجية مما يؤدي إلى حدوث الزيادة في درجات الحرارة. بعض الآلات مثل وحدات التبريد أو آلات ضغط الغاز تكون درجة حرارتها في الواقع أبرد عند التشغيل. وهذه هي حالة انخفاض في درجات الحرارة. قبل إيقاف تشغيل أي آلة، يمكن تسجيل درجات الحرارة أثناء التشغيل أيضًا، حتى تكون كافة المتغيرات معروفة قبل تنفيذ عملية التوازن. يتم تسجيل درجات الحرارة أثناء إيقاف التشغيل بعد إيقاف تشغيل الآلة وتركها لفترة كافية حتى تبرد.

يتم تسجيل درجات الحرارة أثناء التشغيل والإيقاف في مستويات كل قدم من أقدام الآلتين. وستقوم بأخذ القراءات الأربع بطريقة نموذجية للحصول على المتوسط الإجمالي لكل قدم. وسيساعدك نموذج حساب الزيادة في درجات الحرارة في إيجاد متوسط درجات الحرارة وتحديد معدل الاختلاف في درجات الحرارة.

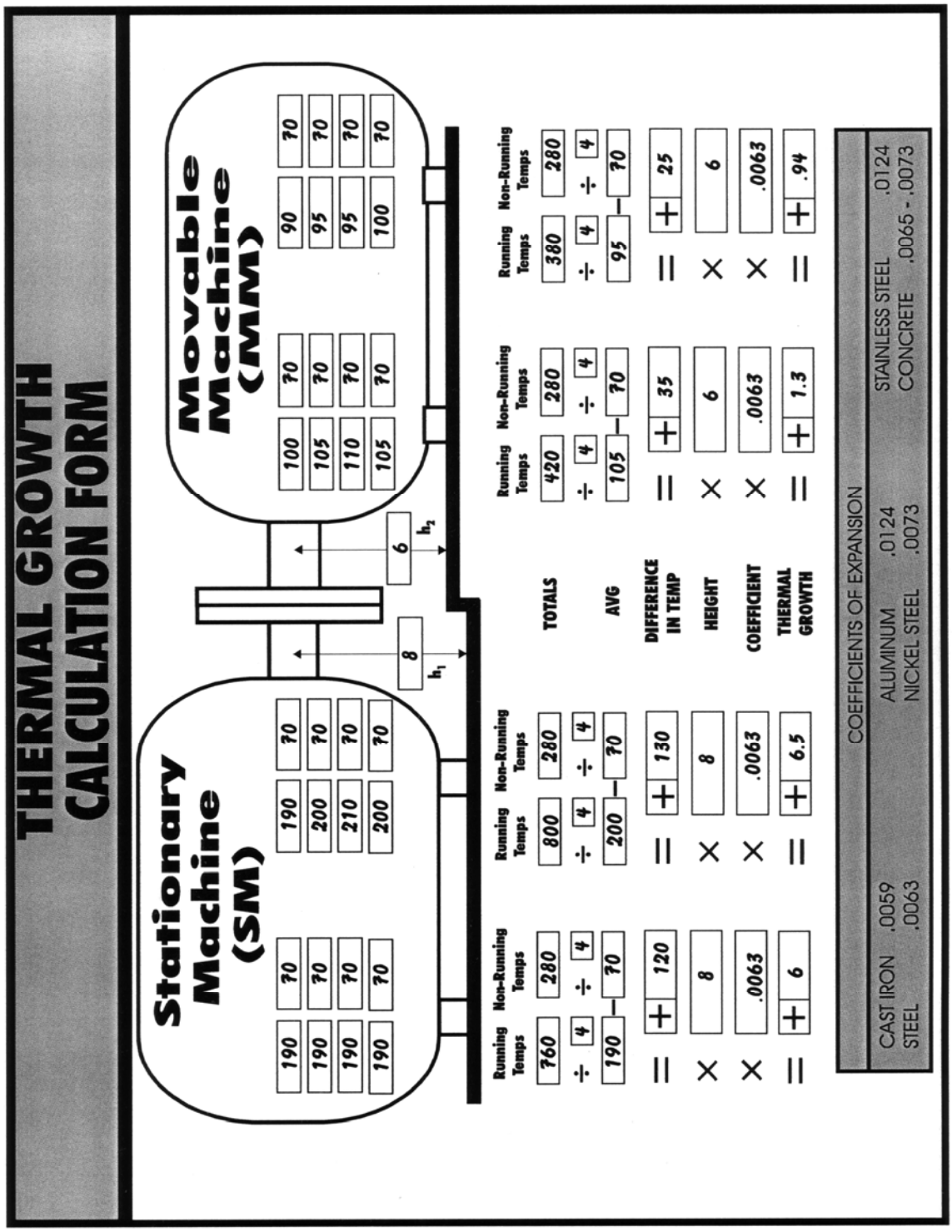
4. بمجرد تحديد جميع المتغيرات وإدخالها في النموذج، تصبح مسألة الحساب عملية بسيطة إلى حد ما. يجب دراسة التغيرات في درجات الحرارة التي تزيد عن 0.002 بوصة. وسنقوم بعمل رسم بياني للنتائج في جزء لاحق من هذا الفصل، وسترى قدر تأثير التغيرات في درجات الحرارة على التوازن.

المثال رقم 1 – حساب الزيادة في درجات الحرارة

وباستخدام المعلومات التالية، حدد الزيادة في درجات الحرارة التي تواجهها كل آلة عند كل قدم. يوضح الشكل رقم 64 عملية الحساب باستخدام هذه المعلومات.

المحرك					
درجات حرارة القدم الأمامية	(أثناء التشغيل)	100 فهرنهايت	105 فهرنهايت	110 فهرنهايت	105 فهرنهايت
	(أثناء إيقاف التشغيل)	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت
درجات حرارة القدم الخلفية	(أثناء التشغيل)	90 فهرنهايت	95 فهرنهايت	95 فهرنهايت	100 فهرنهايت
	(أثناء إيقاف التشغيل)	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت
المادة المصنوع منها المحرك					الصلب
ارتفاع المحرك	**"6**				
المضخة					
درجات حرارة القدم الأمامية	(أثناء التشغيل)	190 فهرنهايت	200 فهرنهايت	210 فهرنهايت	200 فهرنهايت
	(أثناء إيقاف التشغيل)	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت
درجات حرارة القدم الخلفية	(أثناء التشغيل)	190 فهرنهايت	190 فهرنهايت	190 فهرنهايت	190 فهرنهايت
	(أثناء إيقاف التشغيل)	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت
المادة المصنوع منها المضخة					الصلب
ارتفاع المضخة	**"8**				

وكما ترى من المثال السابق، في حالة توازن هذه الآلة على نحو كامل، ستصل إلى حالة الخلل في التوازن إلى حوالي 0.005 بوصة أثناء تشغيل الآلة. وقد يسبب هذا القدر من الخلل في التوازن بعض المشاكل الخطيرة للمكونات الإضافية بالنسبة لكل من المحرك والآلات التابعة. ولا تقوى وحدات مثل السدادات والمحامل على مواجهة هذا القدر من الخلل في التوازن. وعند استخدام عوامل الزيادة في درجات الحرارة هذه من أجل الرسم البياني، قم بتحويل كل الحسابات إلى أقرب نصف ملليمتر (0.005 بوصة).

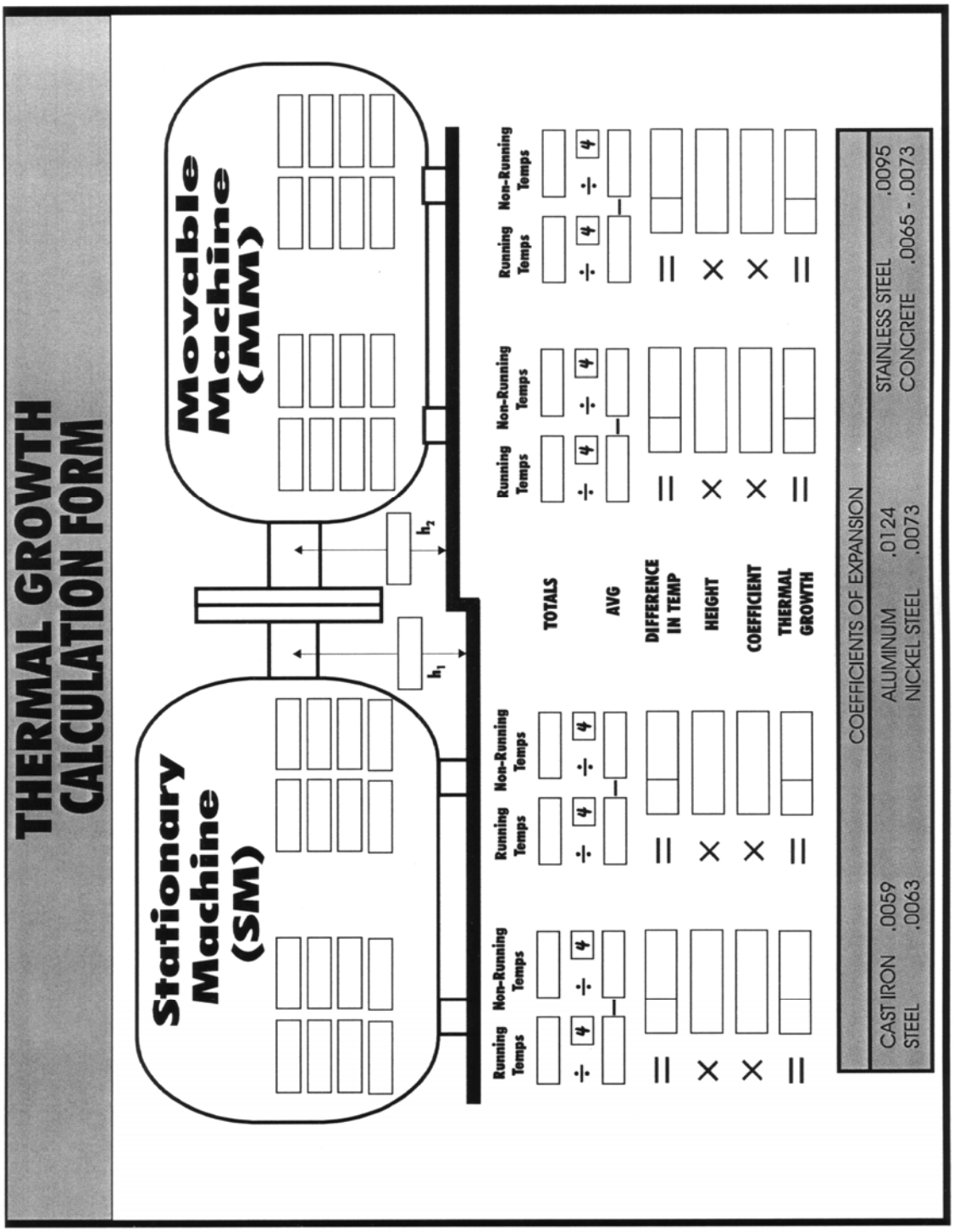


الشكل 64- حساب الزيادة الحرارية (مثال رقم 1)

تمرين رقم 1 على الزيادة في درجات الحرارة

وباستخدام المعلومات التالية، حدد الزيادة في درجات الحرارة التي تواجهها كل آلة عند كل قدم. استخدم الشكل رقم 65 لإجراء عملية الحساب باستخدام هذه المعلومات.

المحرك					
درجات حرارة القدم الأمامية	(أثناء التشغيل)	115 فهرنهايت	120 فهرنهايت	120 فهرنهايت	125 فهرنهايت
	(أثناء إيقاف التشغيل)	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت
درجات حرارة القدم الخلفية	(أثناء التشغيل)	125 فهرنهايت	125 فهرنهايت	135 فهرنهايت	135 فهرنهايت
	(أثناء إيقاف التشغيل)	68 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	72 فهرنهايت
المادة المصنوع منها المحرك					الصلب
ارتفاع المحرك	**9"**				
صندوق التروس					
درجات حرارة القدم الأمامية	(أثناء التشغيل)	230 فهرنهايت	235 فهرنهايت	238 فهرنهايت	217 فهرنهايت
	(أثناء إيقاف التشغيل)	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت
درجات حرارة القدم الخلفية	(أثناء التشغيل)	210 فهرنهايت	205 فهرنهايت	205 فهرنهايت	200 فهرنهايت
	(أثناء إيقاف التشغيل)	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت	70 فهرنهايت
المادة المصنوع منها صندوق التروس					الصلب
ارتفاع صندوق التروس	**10"**				



الشكل 65 – تمرين #1 الزيادة الحرارية

عمليات تصحيح مع الزيادة في درجات الحرارة

عندما تنطبق اعتبارات الزيادة في درجة الحرارة على حالة توازن ما، تعتبر الطريقة البيانية هي الطريقة الأسهل والأسرع المتاحة لتحديد عمليات تصحيح التوازن.

الهدف رقم 31
من مجموعة توازن تصحيح عمليات تحديد الحرارية الزيادة مع الآلات.

عند تنفيذ عملية توازن ممتازة، سنتمكن عندئذ من إزالة معدل رقاقات الضبط المساوي لمعدل زيادة حجم كل قدم. ولن يكون هذا ممكنًا سوى إذا أثرت الزيادة في درجات الحرارة في الآلة المتحركة فقط. وعادة ما تتأثر الآلة الثابتة بالزيادة في درجة الحرارة أكثر من تأثر المحرك بها، ولهذا السبب سوف يقدم الرسم البياني مؤشرًا مرئيًا لوضع الآلة النسبي.

عند تمثيل الخلل في التوازن مع الزيادة في درجات الحرارة بالرسم البياني، يمكن استخدام إما طريقة القرص المتصالب أو طريقة القرص العكسي. ويتطابق الرسم البياني مع أي توازن عادي في كل شيء، عدا في إضافة وضعي الآلة على الرسم البياني. والاختلاف الوحيد بين طريقة القرص العكسي وطريقة القرص المتصالب تتلخص في أنه أثناء طريقة القرص العكسي، يجب تغيير علامة مؤشر الآلة المتحركة قبل التخطيط.

1. حدد معدل الزيادة في درجات الحرارة عند كل قدم من أقدام كلتا الآلتين. (استخدم نموذج حساب الزيادة في درجات الحرارة.)
2. ارسم خط توازن جاري (RAL) على القياس الأفقي للرسم البياني.
3. ارسم مجموعة الآلات بالكامل وأوضاع المؤشرات على القياس الرأسي للرسم البياني.
4. من مخطط خط التوازن الجاري (RAL)، ارسم خط الزيادة في درجات الحرارة لقدمي الآلة الثابتة. (إذا كانت الزيادة بنسبة 0.005 بوصة، يمكن وضع نقطة التخطيط بعد خمسة مربعات إلى الجهة السلبية من خط التوازن الجاري (RAL) كما يمكن رسم حالة انقباض حراري في الجهة الإيجابية من خط التوازن الجاري (RAL)).
5. وباستخدام مسطرة التقويم، استنتج نقاط التخطيط هذه عبر الخطوط الرأسية بالنسبة لمؤشرات كل من مؤشرات الآلة المتحركة والآلة الثابتة. وهذا هو ما يسمى بخط التوازن البارد للآلة الثابتة (SMCAL). كما يسمى أيضًا نقطة مرجعية صفرية للجزء الخاص برسم المؤشر ضمن الإجراءات.
6. كرر العملية مع كل قدم من أقدام الآلة المتحركة. وهذا ما يسمى بخط التوازن البارد للآلة المتحركة (MMCAL)، أو الموقع المفضل لوضع الآلة المتحركة بالنسبة للآلة الثابتة.

:

$$\text{SM Plot Point} = \frac{\text{SM Indicator}}{2}$$

$$\text{MM Plot Point} = \frac{\text{MM Indicator}}{2} \qquad (+/-)\ \text{For Reverse Dial Only}$$

ملاحظة:

القراءات الإيجابية موجودة أعلى خط التوازن على البارد للآلة الثابتة (SMCAL)، أما القراءات السالبة فتوجد أسفل خط التوازن على البارد للآلة الثابتة (SMCAL).

8. وباستخدام مسطرة التقويم، استنتج نقاط التخطيط هذه عبر الخطوط الرأسية بالنسبة لمؤشرات كل من أقدام

ملاحظة:

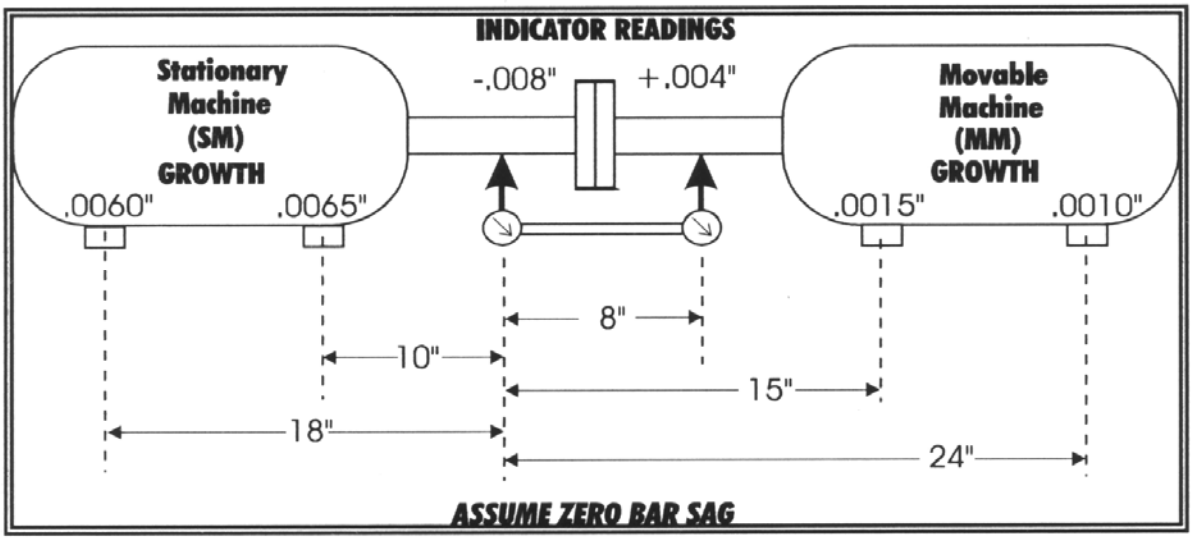
فيما يلي توضيح لمقياس هذا المثال:
- المقياس الأفق **1 Block = 1"**
- المقياس الرأسي **1 Block = .001"**

الآلة المتحركة. وهذا يمثل خط خلل التوازن (MAL).

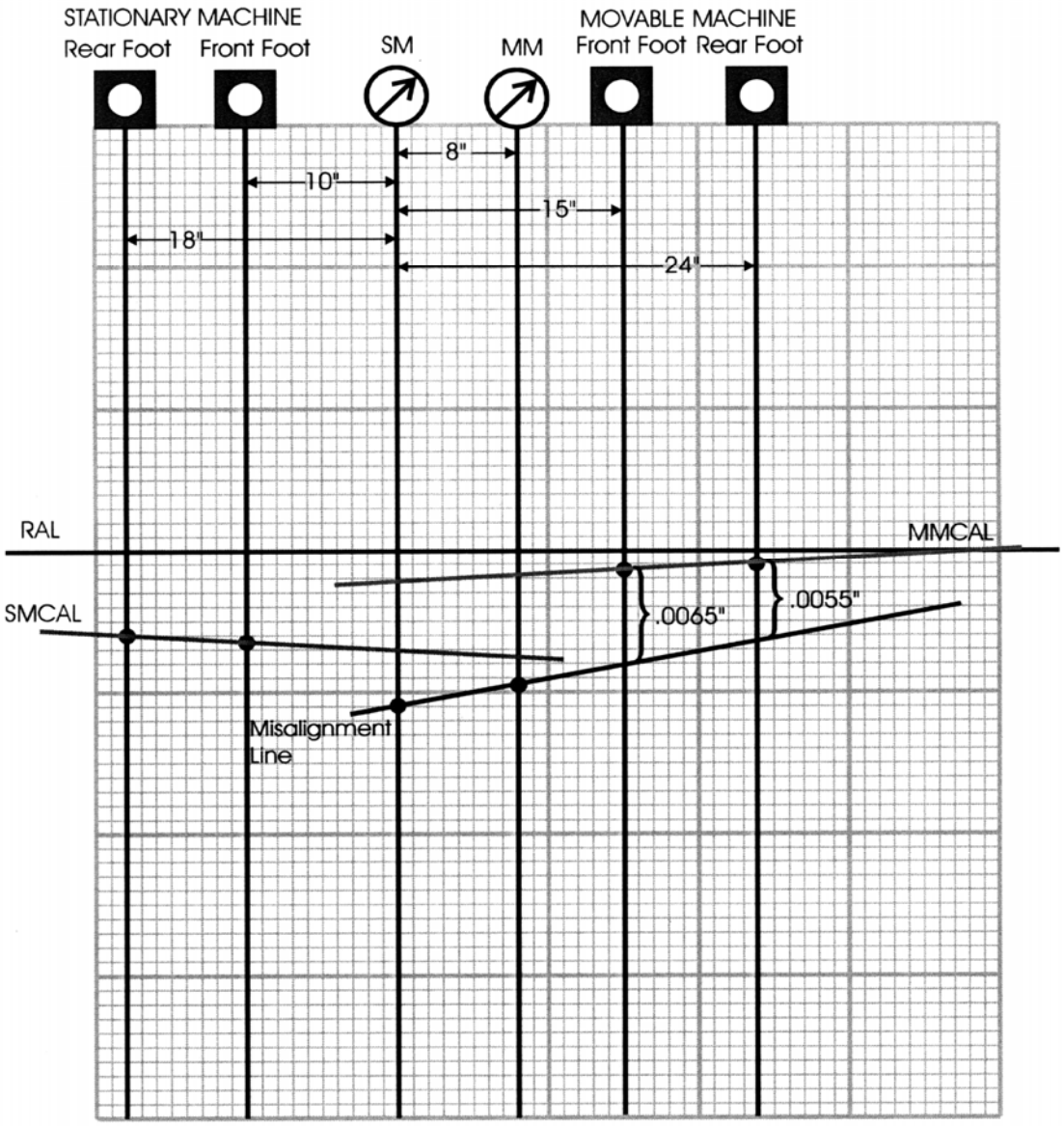
9. قم بالعد لأعلى أو لأسفل بدءًا من خط خلل التوازن (MAL) إلى خط التوازن البارد للآلة المتحركة (MMCAL)، لتحديد تغيرات رقيقة الضبط. توضح مؤشرات التحرك لأعلى إضافة رقيقة ضبط، كما يشير التحرك لأسفل إلى إزالة رقيقة ضبط.

المثال رقم 2 - تمثيل الخلل في التوازن مع الزيادة في درجات الحرارة بالرسم البياني

بمعرفة معطيات حساب الزيادة في درجات الحرارة من المثال رقم 1، حدد عمليات الضبط لرقيقة الضبط المطلوبة حتى يتم تحقيق توازن الآلة المتحركة على البارد بأفضل طريقة باستخدام طريقة **القرص العكسي**. ويوضح الشكل 66 عوامل الزيادة في درجات الحرارة التي تم حسابها من قبل وبيانات حول أبعاد مجموعات الآلات.



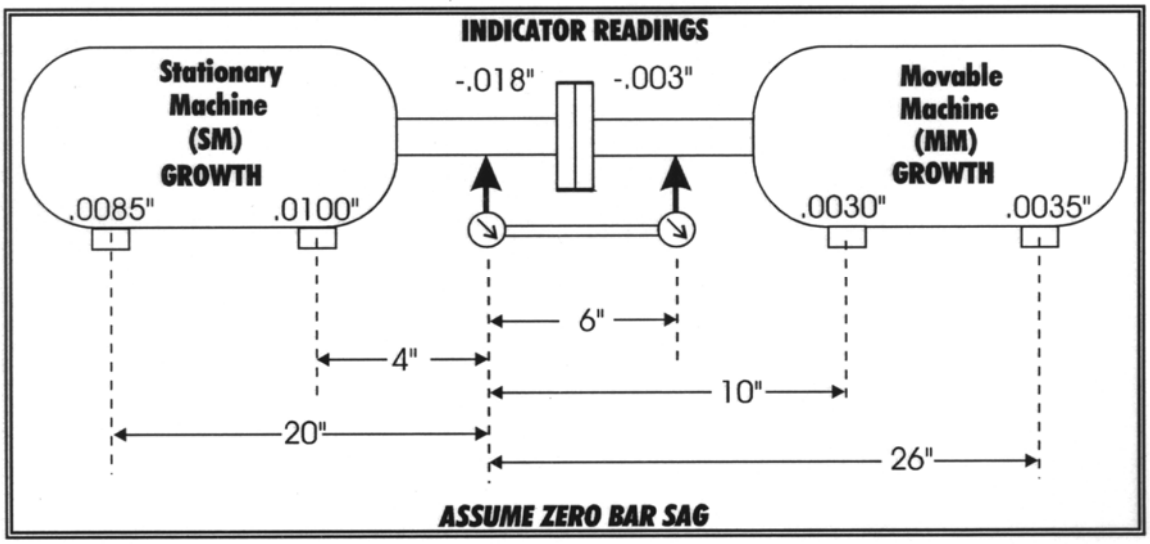
الشكل رقم 66- بيانات حول الأبعاد والمؤشرات والزيادة في درجات الحرارة للمثال رقم 2



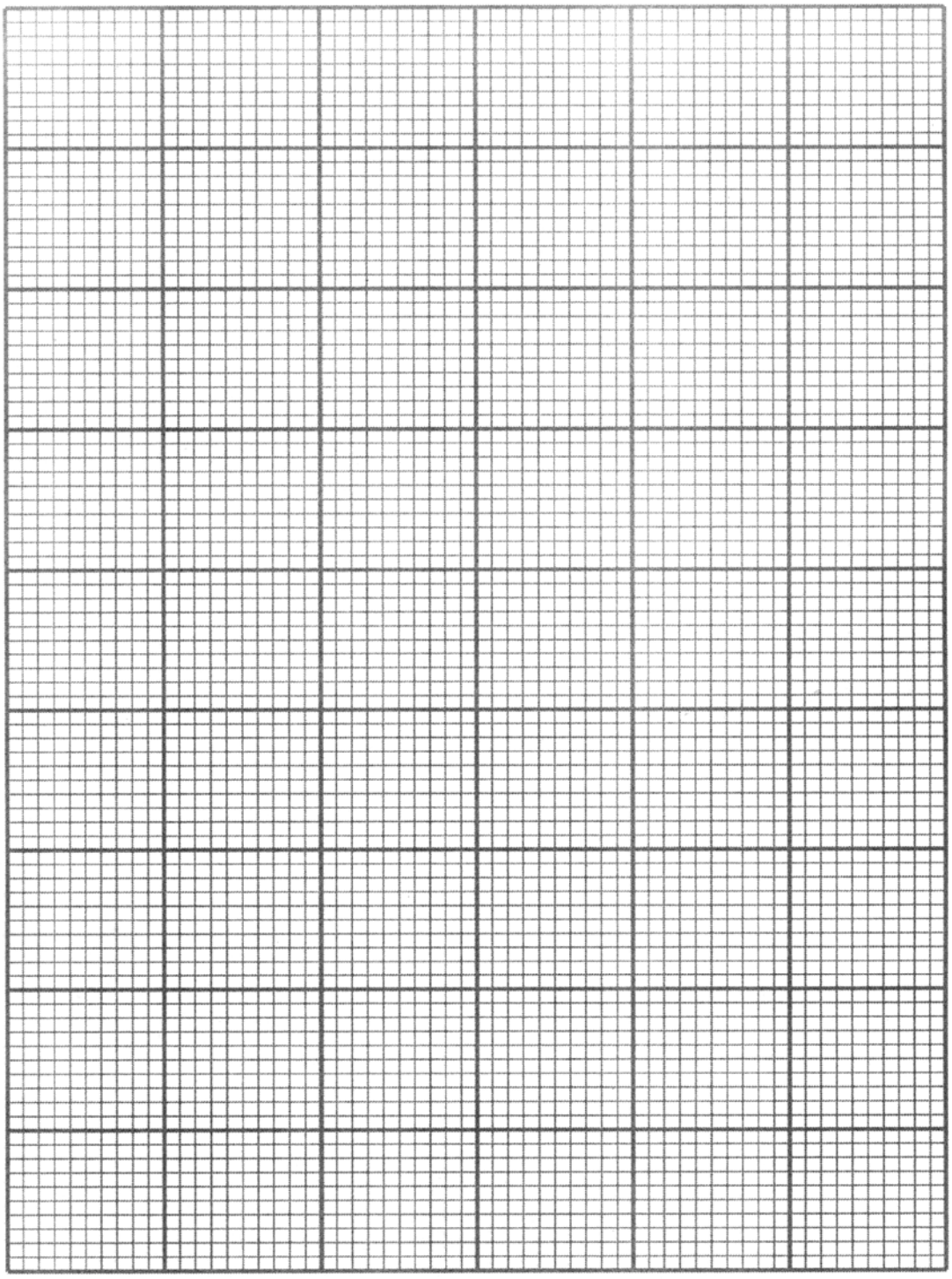
الشكل 67 – رسم الزيادة في درجات الحرارة والخلل في التوازن

تمرين رقم 2 على الزيادة في درجات الحرارة

مستخدمًا:سوف تُستخدم في هذا التمرين عوامل الزيادة في درجة الحرارة من التمرين رقم 2 على الزيادة في درجة الحرارة. ويوضح الشكل رقم 68 كافة عوامل الزيادة في درجات الحرارة الخاصة بالبيانات حول الأبعاد والمؤشرات لحل هذا التمرين. استخدم طريقة القرص العكسي والرسم البياني الموضحة في الشكل رقم 69 لتحديد عمليات ضبط رقيقة الضبط لتحقيق أفضل توازن لهذه الآلات على البارد.



الشكل 68 – تمرين #2 الزيادة في درجة الحرارة



الشكل رقم 69- بيانات حول الأبعاد والمؤشرات والزيادة في درجات الحرارة للتمرين رقم 2

عند القيام بتحقيق التوازن في الآلات التي تخضع لارتفاع حراري، سوف تتزن خطوط عمود الإدارة الوسطى بعد ضبط المعدات في أماكنها المتزنة على البارد بشكل صحيح. سوف يزيد معدل توازن الآلات عندما تصل إلى حالة التشغيل الكاملة. ونظرًا لعدم توازن الخطوط المركزية لعمود الإدارة عن قصد في حالة عدم التشغيل، سوف تكون قراءة المؤشرات القرصية شيئًا آخر غير الأصفار في وضع الساعة السادسة. فيما يلي إجراءات تحديد قراءات المؤشر القرصي.

الهدف رقم 32
حدد القراءات الأخيرة لمؤشرات مجموعة الآلات التي تم عمل توازن على البارد لها.

الإجراءات

1. على الخط الرأسي الذي يمثل مؤشر الآلة الساكنة (SM)، احسب عدد المربعات من موقع خط التوازن على البارد للآلة الساكنة (SMCAL) إلى موقع مكان خط التوازن على البارد للآلة المتحركة (MMCAL). تشير الحركة فوق خط (SMCAL) إلى رقم إيجابي، بينما تشير الحركة أسفله إلى رقم سلبي.

2. استخدم الرقم الناتج من الخطوة رقم #1، واضربه في 2. يجب أن تكون هذه النتيجة هي قراءة مؤشر الآلة الثابتة للتوازن الصحيح على البارد نتيجة الزيادة الحرارية..

3. على الخط الرأسي الذي يمثل مؤشر الآلة المتحركة (MM)، احسب عدد المربعات من موقع خط التوازن على البارد للآلة الثابتة (SMCAL) إلى موقع مكان خط التوازن على البارد للآلة المتحركة (MMCAL).

4. استخدم الرقم الناتج من الخطوة رقم #3، واضربه في 2. يجب أن تكون هذه النتيجة هي قراءة مؤشر الآلة المتحركة للتوازن الصحيح على البارد نتيجة الزيادة الحرارية.

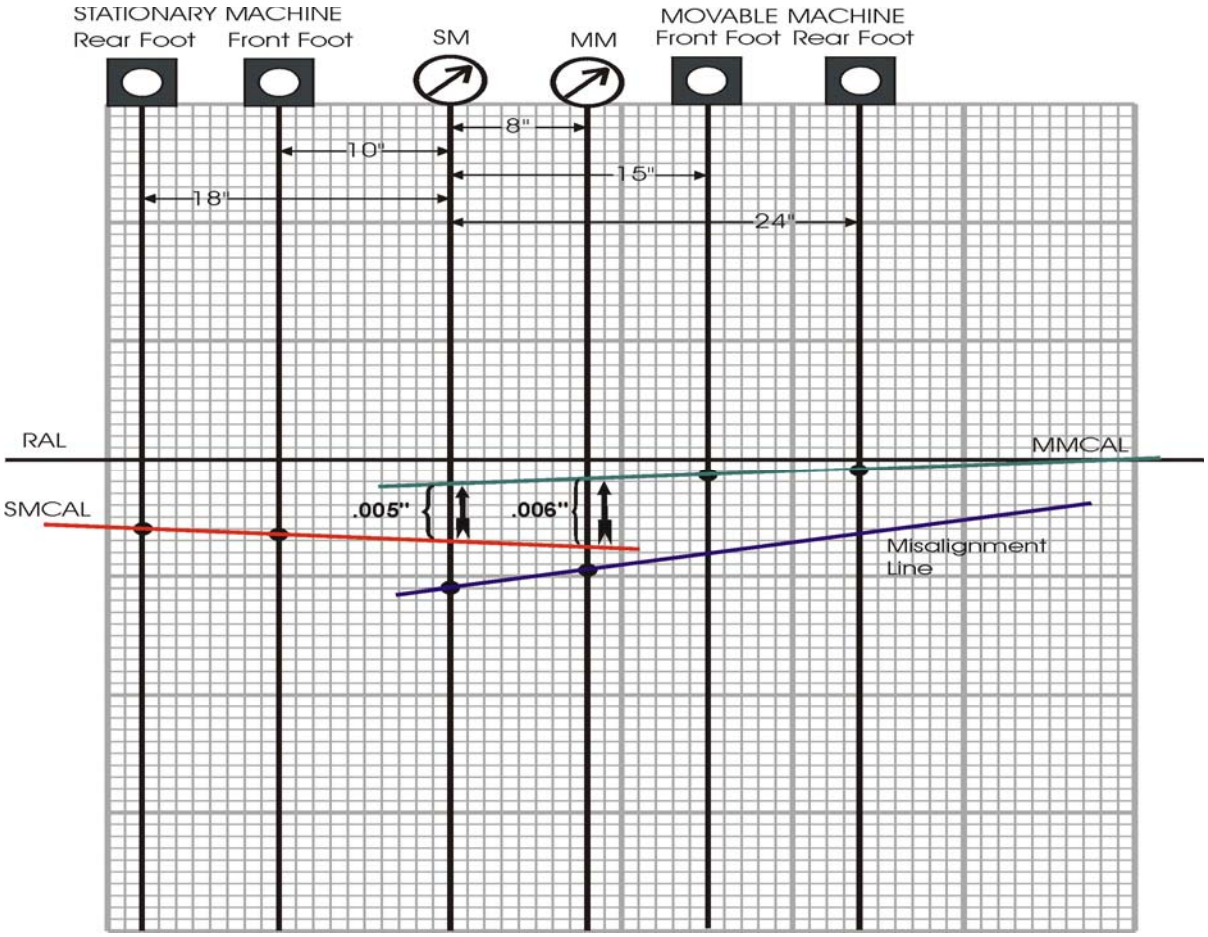
5. إذا قمت بتحديد ارتخاء الشدادة على أنه معامل في الإعداد للتوازن، فيجب أن تقوم بحسابه. عند حساب ارتخاء الشدادة من قراءات المؤشر النهائية، يجب أن تطرحه من القراءات المرجوة المحسوبة للحصول على القراءة النهائية. سوف يُضاف الارتخاء في المؤشرات السفلى إلى هذه القراءة (مؤشرات الساعة السادسة للقرص المتصالب).

مثال #3 – تحديد قراءات المؤشر النهائية

مستخدمًا: يستعين هذا المثال المخطط الناتج من المثال #2، (تذكر أن هذا المخطط نشأ باستخدام طريقة القرص العكسي وكانت قيمة ارتخاء الشدادة تساوي صفرًا). باستخدام المخطط الموضح في الشكل رقم 70، حدد قراءات المؤشر النهائية الصحيحة للتوازن على البارد.

ملاحظة:

إذا كنت تستخدم طريقة القرص العكسي، فيجب أن تغيير علامة هذا الرقم أيضًا.



الشكل 70 - تحديد قراءات المؤشر النهائية (مثال #3)

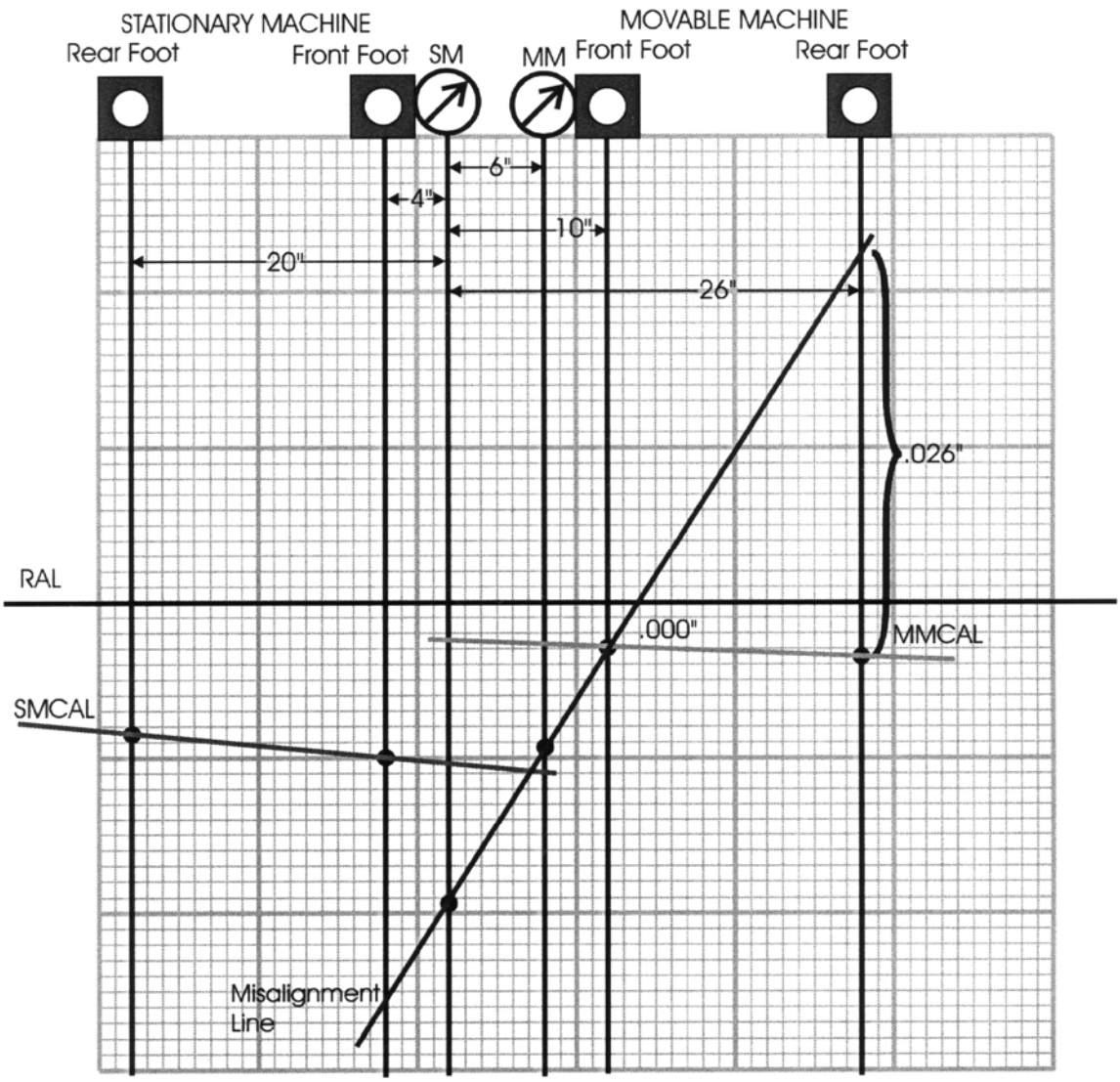
الحل: نظرًا لأن الحركة من SMCAL إلى MMCAL متصاعدة، فإن كلا القراءتين موجبتين.

SM (الآلة الساكنة) = 2 x0.005 MM (الآلة المتحركة) = = 2 x0.006 (+\-)

= -.012" = .010"

تمرين #3 على الزيادة الحرارية

مستخدمًا:يستعين هذا المثال الرسم البياني الناتج من المثال #2 الزيادة في درجات الحرارة، (تذكر أن هذا الرسم البياني نشأ باستخدام طريقة القرص العكسي وكانت قيمة ارتخاء الشدادة تساوي صفرًا). ويوضح الشكل 71 الرسم البياني الذي تم إنشاءة؛ باستخدام هذا المخطط، حدد قراءات المؤشر القرصي النهائية المرغوبة.



الشكل 71 – تمرين #3 الزيادة الحرارية

الحل:

مؤشر الآلة الساكنة_____ مؤشر الآلة المتحركة_____

ملخص

تناول هذا الفصل أساسيات الزيادة الحرارية وكيفية تأثيرها على عملية التوازن.

ماذا تعلمت..

الخطوة الأولى هي حساب الزيادة المتوقعة من حالات التشغيل إلى حالات عدم التشغيل. وباستخدام نموذج الزيادة في درجات الحرارة يمكنك أن تفعل ذلك ببساطة،

الخطوة الثانية هي رسم أوضاع الآلة الباردة المتصلة ببعضها البعض والتوازن الفعلي. بمجرد إجراء ذلك، يمكن تحديد قراءات المؤشر القرصي النهائية المرغوبة للتحقق من أن الآلات قد تم إجراء التوازن لها على البارد بشكل صحيح.

ويمكن توفير الوقت على المدى الطويل وتخفيض وقت إيقاف التشغيل وكذلك كمية الأجزاء المصابة بالبلى وذلك باستغراق الوقت اللازم لمعرفة ما إذا كانت الزيادة الحرارية أحد عوامل الآلات.+

أسئلة للمراجعة

1. اشرح أهمية حساب الزيادة الحرارية في عملية تحقيق التوازن.

2. اذكر ثلاثة متغيرات ضرورية لحساب الزيادة الحرارية.

3. ما هي المخططات التي عند معالجة الزيادة الحرارية؟

4. ما هي نقطة المرجعية الصفرية، عند معالجة الزيادة الحرارية وعدم توازن مؤشر التخطيط؟

5. كيف يتم تحديد قراءات المؤشر النهائية المرغوبة، عند معالجة الزيادة الحرارية؟

الفصل 6

عمليات التوازن غير المعيارية

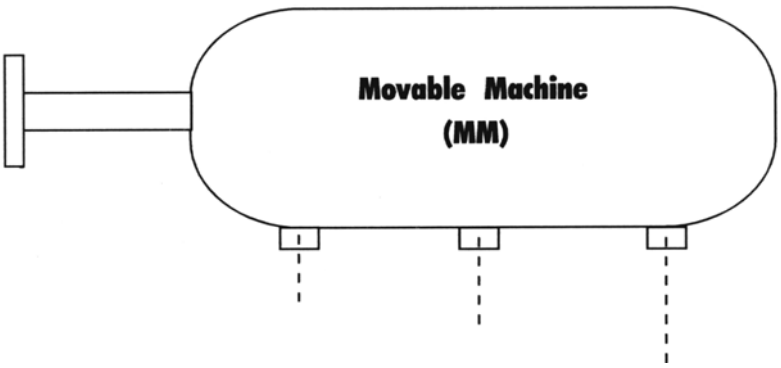
مقدمة

بالإضافة إلى إجراء التوازن النموذجي للمحرك والمضخة، هناك حالات توازن إضافية، قد يصادفها المرء. يتناول هذا الفصل هذه الحالات وكيفية تطبيقها خلال دورة العمل اليومي.

أقدام\مسامير متعددة

في حالة الآلة التي تحتوي على أقدام متعددة (الشكل 72)، قد يتم إجراء التوازن بدقة لكل قدم على حدة. يرجع سبب أهمية ذلك الأمر، في أنه لو تم إجراء التوازن على الأقدام الأمامية والخلفية فقط، فقد تسبب الأقدام الوسطى حدوث ارتخاء الغطاء الخارجي أو ارتفاعه. سوف يسبب ذلك في النهاية بلى غير مستوي في المكونات وعدم توازن في نهاية الأمر. يمكن تحديد التوازن بدقة لكل الأقدام باستخدام العملية الرياضية أو التخطيطية مع كلا من طريقتي القرص المتصالب والقرص العكسي. الهدف الكلي هو معالجة القدم الثالثة كما لو كنت ستعالج القدم الأمامية أو الخلفية.

الهدف رقم 33
إجراء التوازن على ماكينة ذات أرجل متعددة.



الشكل 72 - آلة متعددة الأقدام

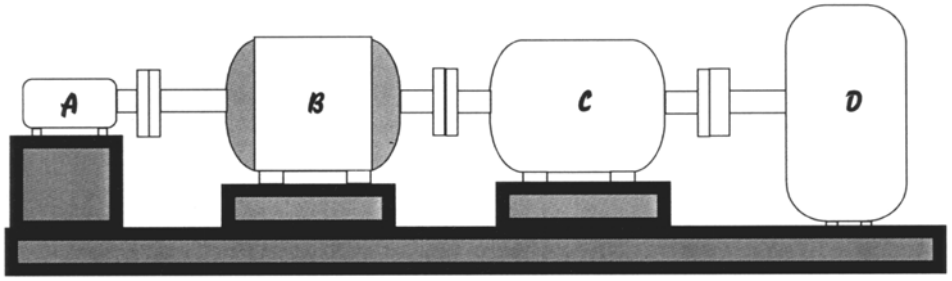
في حالة استخدام الطريقة الرياضية، قس بكل بساطة مركز كل قدم ثم احسب كمية الحركة المطلوبة لهذه المسافة. في حالة إجراء التوازن باستخدام الطريقة التخطيطية، ارسم خطًا رأسيًا على المخطط الذي يمثل القدم الثالثة. وتمثل نقطة تقاطع خط عدم التوازن مع الخط الرأسي النقطة التي يُحسب عندها الحركات. يمكن تطبيق هذه العملية على عملية تخطيط الزيادة الحرارية.

إذا كانت قاعدة الآلة تحتوي على مسامير متعددة بطول الأساس، قم بعلاج كل مسمار منفصل على حدة كالقدم. قد يكون ذلك مهمًا مع المعدات الكبيرة التي تحتوي على العديد من المسامير على وجه الخصوص، مثل التوربينات أو المضخات متعددة المراحل.

الآلات المتعددة

الهدف رقم 33
إجراء توازن لعمود الإدارة المتوسط

عند العمل على آلة متسلسلة تضم آلات متعددة، ابدأ بفحص متسلسلة الآلات كلها من طرف لآخر (راجع الشكل 73). ابحث عن نقطة بداية منطقية، مثل أي آلة لا يمكن تحريكها أو أي حالة قد تقيد حالة آلة معينة. ومثال على ذلك، آلة تشكو من صعوبة وصول الأنابيب للنظام. بمجرد تحديد نقطة البداية، ابدأ العمل بتسلسل منطقي في إجراء توازن منفصل على كل الآلات. ولا تحاول أبدًا إجراء التوازن على كل مكونات مجموعة ألآلات مرة واحدة.



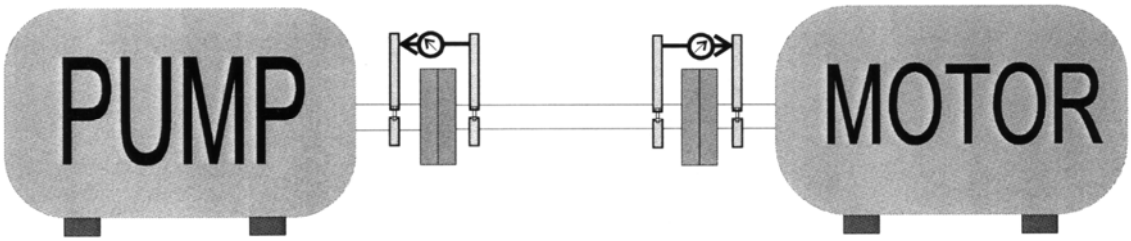
إجراء ت

الشكل 73 - مجموعة آلات متعددة الأقدام

بالإشارة إلى الشكل 73،دعنا نفترض أن الآلة **B** آلة مهمة بالنسبة للحركة. فسوف تكون الخطوة الأولى هي إجراء التوازن بين الآلة A والآلة B، بحيث تكون الآلة B هي الآلة الثابتة والآلة B هي الآلة المتحركة. بمجرد الانتهاء من إجراء التوازن، يمكنك الانتقال إلى مجموعة الآلات التالية. ستتكون المجموعة التالية من الآلة B والآلة C، بحيث تكون الآلة B هي الآلة الثابتة والآلة C هي الآلة المتحركة. في الخطوة التالية، تصبح الآلة C هي الآلة الثابتة والآلة D هي الآلة المتحرك. سوف يصبح من السهل تحقيق التوازن الكامل لعمود الإدارة المتوسط بين الآلة A والآلة D إذا تعاملنا مع تلك الآلات على أنها ثلاث توازنات مستقلة، يمكن إجراء التوازن لآلات متعددة بواسطة أي من الطرق التي ناقشناها آنفا.

توازن عمود الإدارة المتوسط

في الآلات ذات الفواصل أو أعمدة الإدارة المتوسطة الطويلة، تتزايد مشاركة عملية التوازن بشكل أكبر، ولكن ما تزال فرصة تحقيق التوازن الدقيق ممكنة. في الحقيقة لا يوجد عدم توازن متوازي، يوجد فقط عدم التوازن الزاوي. إذا تمت معالجة عدم التوازن الزاوي، فإن أي توازي سوف تتم معالجته أيضًا عندئذ. يمكن الاستعانة بطريقة القرص العكسي أو القرص المتصالب مع الفواصل القصيرة ولكن طول الباع سوف يعوق استخدام هذه الطرق نتيجة كمية ارتخاء الشدادة الكبيرة الموجودة. وسوف يجعل هذا الارتخاء الشديد أي قراءات يتم تسجيلها غير دقيقة بدرجة كبيرة. يكمن حل هذه المشكلة في استخدام تركيبة قراءة وجه مزدوجة، مثل المعروض في الشكل 74.



الشكل 74 - مجموعة آلات مزودة بمنظومة عمود إدارة متوسط

نظرًا لغياب عدم التوازن المتوازي، فإنه إذا أمكن تحديد الزاويّة عند كل وصلة تقارن، عندئذ يمكن تحقيق توازن دقيق. أي تغيير لوضعية الآلة المتحركة من شأنه أن يعالج عدم توازن الملف. تم تجهيز التثبيتات لتسجيل قراءات الوجه المزدوج. بمجرد تسجيل القراءات (SM TIR وMM TIR) توجد عملية حسابية يمكن إجرائها لتحديد الحركات المطلوبة. لتسهيل الاستخدام، يعرض الشكل 75 نموذجًا لتوازن عمود الإدارة المتوسط. بإدراج البيانات في النموذج وإجراء العمليات الحسابية، سوف يتم تحديد حركات القدم الأمامية والخلفية للآلة المتحركة.

الشكل 75 – نموذج توازن عمود الإدارة المتوسط

مثال #1 – توازن عمود الإدارة المتوسط

مستخدمًا: المعلومات التالية، احسب حركات الرفادات المطلوبة لإجراء التوازن التام لمجموعة الآلات وعمود الإدارة المتوسط. يوجد الحل في الشكل 76.

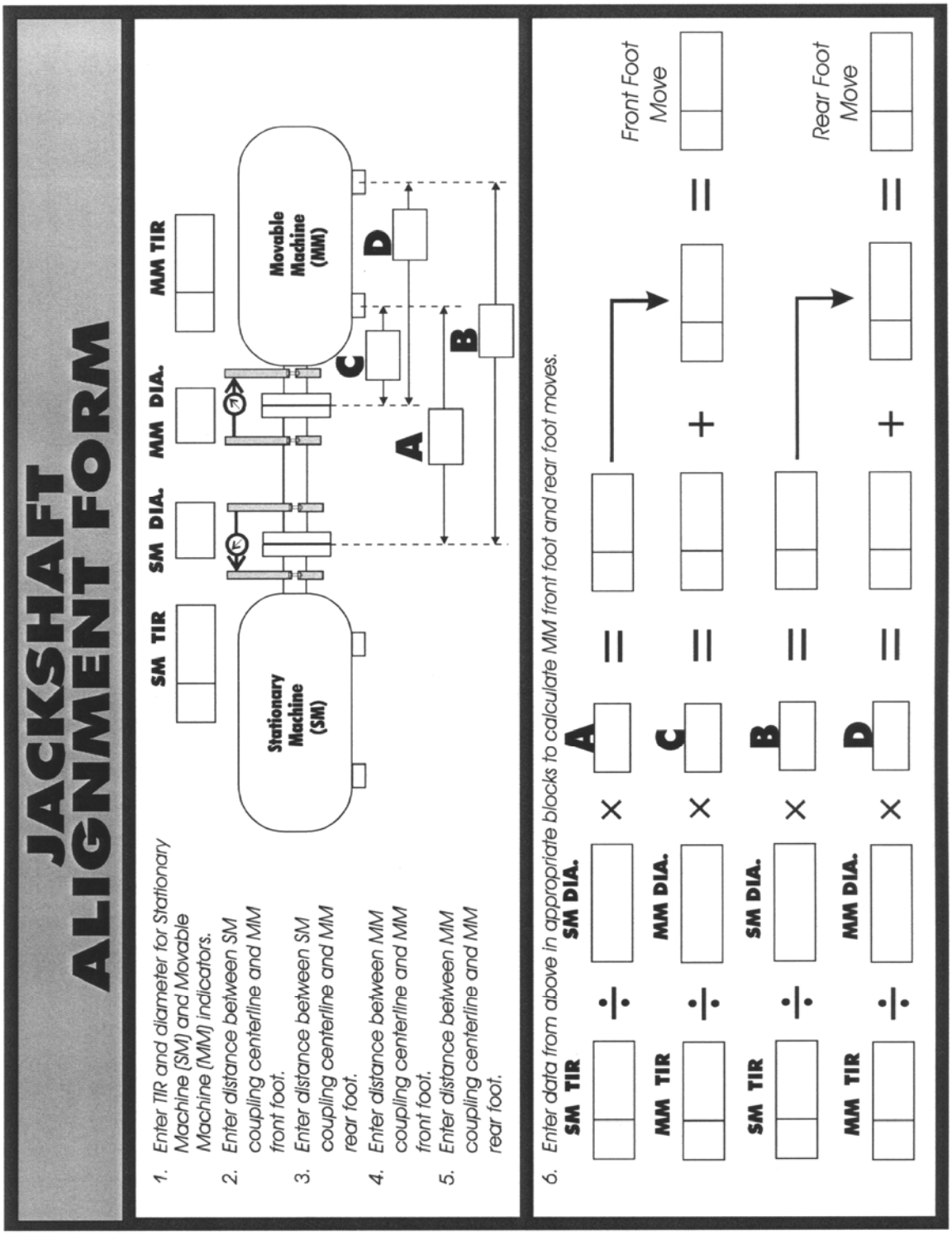
- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة +.024
- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة. -.018
- قطر مؤشر الآلة الثابتة. "6
- قطر مؤشر الآلة المتحركة "6
- البعد "A". "38
- البعد "B". "56
- البعد "C". "8
- البعد "D" "22

الشكل 76- حساب توازن عمود الإدارة المتوسط (مثال #1)

تمرين #1 على توازن عمود الإدارة المتوسط

مستخدمًا: المعلومات التالية، احسب حركات الرفادات المطلوبة لإجراء التوازن التام لمجموعة الآلات وعمود الإدارة المتوسط. استخدم النموذج الموجود في الشكل 77 لحساب الحركة.

- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة الثابتة "+.011
- إجمالي قراءات مؤشرات الآلة المتحركة. "-.017
- قطر مؤشر الآلة الثابتة. "16
- قطر مؤشر الآلة المتحركة "16
- البعد "A". "58
- البعد "B". "74
- البعد "C". "16
- البعد "D" "32



الشكل 77- تمرين #1 على توازن عمود الإدارة المتوسط

ملخص

ماذا تعلمت

يتناول هذا الفصل بعض أنواع التوازن غير القياسية مثل الأقدام المتعددة والآلات المتعددة وأعمدة الإدارة المتوسطة ، يمكن إجراء التوازن الدقيق في كل هذه الحالات.

- يتم إجراء توازن الآلات التي تحتوي على أقدام متعددة بالضبط ككل الآلات الأخرى، من الضروري فقط أن تضيف قدمًا أخرى للعملية الحسابية أو عملية التخطيط.
- يمكن إجراء التوازن على الآلات المتعددة أيضًا مثل عمليات التوازن الأخرى، فهي تحتاج إلى تحليلها فقط إلى تسلسل منطقي لعمليات التوازن المستقلة.
- يتم الاستعانة بعملية قراءة الوجه المزدوجة في إجراء توازن عمود التوازن المتوسط، حيث تحتل الزاوية فقط بؤرة الاهتمام.

أسئلة للمراجعة

1. ما المقصود بالآلات ذات الأقدام المتعددة في عملية التوازن؟

2. ما هي أنواع التوازن التي يمكن استخدامها في الآلات التي تحتوي على العديد من الأقدام.

3. إذا كان هناك محرك يدير مضخة من خلال علبة تروس منفصلة (مجموعة آلات)، ما هو الترتيب المطلوب للتوازن.

4. ما هي مميزات استخدام طريقة توازن قياسية عند إجراء التوازن لآلة مزودة بعمود إدارة متوسط؟

5. ما هو نوع عدم التوازن الوحيد الذي يؤخذ في الاعتبار أثناء توازن عمود الإدارة المتوسط؟

مسرد المصطلحات

يقدم المسرد التالي تعريفًا لبعض المصطلحات المستخدمة كثيرًا في دليل التدريب هذا.

المصطلح	التعريف
	تأثير الجاذبية على أحد التثبيتات.
	الحركة الأفقية المطلوبة تعتبر أكبر من قيمة التفاوت المسموح به في القدم.
	تلمس القدم القاعدة في الجزء الخارجي، ولكن الجزء الداخلي من القدم ملتو صانعًا بذلك زاوية بين القاعدة وأسفل القدم.
	عند انفكاك مسمار الإرساء، لا يصل القدم بكل بساطة إلى القاعدة، وبالتالي تنشأ فجوة بين القدم والقاعدة. يكون الجزء السفلي من القدم موازيًا لصفيحة القاعدة.
	وتُعرف "القدم غير الثابتة" بأنها الحالة التي لا ترتكز فيها أقدام الآلة على نفس مستوى القاعدة".
	في هذه الحالة لا توجد فجوة تحت القدم عند إجراء الفحص باستخدام المقياس المجسي. تُوضع الرفادات تحت القدم لتحقيق توازن الآلة، أو للتخلص من حالة القدم غير الثابتة. إن استخدام الكثير من الرفادات أو الرفادات الملتوية أو المطوية تحت القدم يؤدي إلى إنتاج حالة من حالات القدم غير الثابتة.
	تحدث بسبب القوى الخارجة عن الآلة. ويمكن أن تكون نتيجة الإجهاد أو الضغط على الأنبوبة المستحث بواسطة الوصلات الكهربائية بالإضافة إلى الخلل الشديد في التوازن.
	تعني تغبر الوضعية الرأسية للآلة نتيجة تمدد المعدن أثناء ارتفاع درجة الحرارة.
	تعني تغبر الوضعية الرأسية للآلة نتيجة انكماش المعدن أثناء انخفاض درجة الحرارة.
	قد يحدث أيضًا التواء للقدم ولكن لأعلى، بحيث لا تلمس الحافة الخارجية القاعدة ويحدث الانحراف عبر الجزء الخارجي من القدم.