مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (17) العدد (3) 1995
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (17) No (3) 1995

مخفضات السرعة لوحدات الضخ السطحية النفطية

الدكتـــور نبيـــل مقدســـي*
الدكتـــور معـــتز جـــاويش*

☐ الملخّص ☐

تحدد الدراسة طرق حساب معدلات العزم الأعظمي وعزم مقاومة الدق ومعدل عزم مقاومة الانحناء ومعدل العزم الإستاتيكي ومطابقتها للمواصفات الفنية حسب عدد مراحل تخفيض السرعة في وحدات الضخ السطحية النفطية بحيث تتحمل العزم الأعظمي لها تحت ظروف التشغيل في حقول النفط. ويجب أن يكون معدل العزم الأعظمي لمخفض السرعة أقل من معدل مقاومة الدق ومن عزم مقاومة الانحناء ومن معدل العزم الإستاتيكي.

* أستاذ مساعد في قسم هندسةالتصميم والانتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - دمشق - سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (17) العدد (3) 1995
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (17) No (3) 1995

Pumping Unit Reducers

Dr. Nabil MAKDISSI*
Dr. Metaz JAWICH

❐ ABSTRACT ❐

Limitations of the rating and influnces in this specification are confined to single and multiple stages designs applied to oil field pumping units.

Reducers rated under this specification shall be capalle of sofely carrying the rated peak torque under normal oil field conditions.

The peak torque of the gears reducers will be lower of the pitting resistance torque rating or static torque ratings as determined by the use of the applicable formulas.

* Associate professor at Department of Mechanical Design and Production, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

1- مقدمة:

يهدف البحث الى تعميق الأسس النظرية لدراسة مخفضات السرعة لوحدات الضخ السطحية النفطية. حيث تم تصنيع الكثير من وحدات الضخ السطحية من مختلف القياسات في مؤسسة الإسكان العسكرية وتم تشغيلها في حقول النفط السورية. وتعد هذه الصناعة من الصناعات الثقيلة لضخامة وثقل الأجزاء.

وبما أن هذه الصناعة أساسية في القطر كان لا بد من إجراء هذه الدراسة والبحث لضمان عمل وحسن التصنيع ووضع المواصفات الدقيقة على مخفضات السرعة لوحدات الضخ السطحية النفطية.

2- مخفضات السرعة لوحدات الضخ السطحية Pumping-unit reducers:

2-1- القياسات الأساسية لمخفضات السرعة ومعدلات عزومها:

يبين الجدول /1/ القياسات الأساسية لمخفضات السرعة والعزوم الأساسية الأعظمية المناسبة لها [1] .

و يجب أن يكون العزم الأعظمي المحسوب معادلا قيمة العزم الأعظمي المسجل بالجدول (1) وليس أقل منه بحيث تتحمل مخفضات السرعة قيمة العزم الأعظمي الموافق لها تحت ظروف التشغيل للنفط. ولم تتطرق الدراسة الى حساب وقياس أحمال البئر على الوحدة السطحية ومع ذلك يجب الأخذ بعين الاعتبار إمكانية تجاوز الأحمال الفعلية الظاهرية وذلك في الحالات التالية:

آ- الاهتزازات الحرجة الخطيرة في علبة السرعة ومجموعة المحرك.

ب- التبدل الزائد والمفرط في تيار المحرك.

جـ- وجود خطأ في عملية الموازنة.

د- التشغيل السيء للمضخة الغاطسة.

هـ- وجود انحلال (ارتخاء) في أجزاء هيكل الوحدة السطحية.

جدول (1) قياسات ومعدلات مخفضات السرعة في الوحدات السطحية.

القياس	العزم الأعظمي المنقول(Lbs-in)
6.4	6.400
10	10.000
16	16.000
25	25.000
40	40.000
57	57.000
80	80.000
114	144.000

2-2- مخفضات السرعة ذات المسننات Gear Reducers:

تصمم مخفضات السرعة باستخدام مسننات حلزونية helical أو لولبية herring bone في مرحلة تخفيض واحدة أو بمرحلتين أو ثلاث مراحل وتؤخذ نسب المسننات حسب النظام[2] AGMA Std) (422.02 يجب أن يراعى عند تحديد ارتفاع أسنان المسننات وتحديد زاوية الضغط وزاوية الحلزون تعليمات نظام اتحاد الشركات الأمريكية لصناعة المسننات (AGMA) وأن أية علامة للبعد المركزي وعرض وجه المسنن يمكن استخدامه بشرط أن لا يكون هناك تركيز غير ملائم لارتفاع الضغط مما يؤدي الى انحراف الأسنان تحت الحمل.

عادة تصنع المسننات من الفولاذ (Steel) أو من الحديد العقدي (noduar-iron) وتصنع التروس الصغيرة (pinions) من الفولاذ ايضاً ويمكن استخدام واحد من المجموعات القاسية المبينة في الشكل(3).

أمّا المسننات المصنوعة من الحديد العقدي فيجب أن تطابق نشرة التعليمات الفنية لنظام المسننات AGMA) [3].240.01)

3- الصيغ الحسابية للمعدلات Rating formulas:

يجب أن تعتمد نسب المعدلات لمخفضات السرعة على السرعة الإسمية للوحدة السطحية بالدقيقة، وتكون الوحدة السطحية 20 شوطا/دقيقة لمخفض السرعة ذات العزم الأعظمي(320000 in-lbs) وما دون.

2-1- حساب العزم الأعظمي لمخفض السرعة:

يحسب معدل العزم الأعظمي لمخفض السرعة لمراحل التخفيض الأولى والثانية والثالثة بالعلاقة التالية:

T=[63000/N].Fi.Kr.Ds

حيث:

N- عدد الأشواط بالدقيقة [s/min].

T- معدل العزم الأعظمي المطبق على المحور الرئيسي لمخفض السرعة (in-lbs).

Fi-عامل موحد حسب عرض الوجه للمسنن ومعامل الشكل وتؤخذ قيمته من الشكل(1).

Kr-عامل موحد حسب معدن المسنن و شكل الأسنان وتؤخذ قيمته من الشكل(1).

Ds-عامل موحد حسب عدد دورات الترس (القائد) في مخفض السرعة-قطر الخطوة pitch diameter ومعامل السرعة يحسب وفق العلاقة التالية:

$$D_s = \frac{D_P^2 . Cv^n}{126.000}$$

حيث:

Dp- قطر الخطوة للترس الصغير pitch diameter وتقاس[in]

$$C_v = \frac{78}{78 + \sqrt{V}}$$

V- سرعة خط الخطوة pitch line [f.p.m] velocity.

n- عدد دورات الترس [r.p.m].

2-3- حساب العزم الأعظمي بالنسبة لمخفض السرعة ذات السلاسل Chain Reducers.

يمكن حساب العزم الأعظمي لمخفض السرعة ذات السلاسل بالعلاقة التالية:

$$T = \frac{S.R}{12}$$

حيث:

T- معدل العزم الأعظمي لمخفض السرعة [in-lbs].

S- قوة شد السلاسل المطبقة [lbs].

R- نصف قطر الخطوة للمسنن الكبير.

3-3- حدود الإستعمال:

تحدد طرق حساب المعدلات ومطابقتها للمواصفات الفنية حسب تصميم عدد مراحل التخفيض المستعملة في وحدات

الضخ السطحية النفطية بحيث لا تتجاوز سرعة الخطوة في أي مرحلة عن(500 قدم/دقيقة) وأن لا يتجاوز عدد الدورات لأي محور عن(3600 دورة/دقيقة).

السطحية ذات العزم الأعظمي (32000 in-lbs) وما دون 20 شوط/دقيقة.

ويبين الجدول (2) سرعات الوحدات السطحية ومعدلات العزوم الأعظمية لمخفض السرعة المناسب.

3-4- معدلات السرعة لمخفض السرعة:

يجب أن تعتمد قياسات مخفضات السرعة على السرعة الإسمية للوحدة

جدول (2): سرعات الوحدات السطحية ومعدلات العزوم الأعظمية لمخفضات السرعة المناسبة لها.

العزم الأعظمي (Lbs-in) لمخفضات السرعة	عدد الأشواط بالدقيقة
456.000	16
640.000	16
912.000	15
128.000	14
1.824.000	13
2.560.000	11

3-5- معدل عزم مقاومة الدق(الطرق): pitting resistance torque rating.

يعتبر الدق ظاهرة طبيعية لتعب المعدن ويقترن عمله بالإجهادات على سطح سن المسنن وأن كلا نوعي الدق:

الدق الأولي imitial pitting.

والدق التدميري destructive pitting.

موضحين في النظام AGMA-110 [6] (مجموعة مصطلحات انهيار وتآكل أسنان المسننات).

وتهدف الصيغة الحسابية لمقاومة الدق pitting resistance الى تحديد معدل الحمل بحيث لا يحدث الدق التدميري للأسنان خلال عمرها التصميمي.

وتستعمل المعادلة الحسابية التالية لحساب مقومة الدق للمسننات.

$$Tac = \frac{np.d^2.Cs}{2no}.\frac{F}{Cm}.I\left(\frac{Sac}{Cp}\right)^2$$

أو

$$Tac=C1.C2.C3$$

حيث

Tac: عزم النقل المسموح به على المحور الرئيسي لمخفض السرعة حسب مقومة الدق [lbs-in].

$$C1 = \frac{np.d^2.Cs}{2no}$$

np: عدد دورات الترس الصغير [r.p.m].

d: قطر الخطوة للترس الصغير [in].

$$Cs = \frac{78}{78 + \sqrt{Vt}}$$

Cs- معامل السرعة لمقاومة الدق.

$$Vt=d.np.0.25$$

Vt- سرعة خط الخطوة و تقاس[بالقدم/دقيقة].

no: عدد دورات عمود المخرج (أو عدد أشواط الوحدة السطحية بالدقيقة).

$$C2 = \frac{F}{Cm}$$

C2- رقم تلامس الدق.

F- عرض الوجه الصافي لأضيق منطقة في المسننات المزدوجة، وفي المسننات المزدوجة يكون عرض الوجه الصافي مساوياً(لمجموع عرضي السطحين المسننين).

Cm- معامل الحمل الموزع لمقاومة الدق (من الشكل 4) وفي حال وجود انحرافات أو خطأ بالتراصف أو المحاذاة فإن قيم(Cm من الشكل 2) لا تعطي القيمة الفعلية للحمل الموزع على الوجه.

وفي هذه الحالة يتم حساب Cm باستعمال نظام (AGMA-218).[8]

$$C3 = 0.223\frac{MG}{MG+1}\left(\frac{Sac}{Cp}\right)^2$$

C3- رقم إجهاد الدق الحلزوني الخارجي للمسننات.

Sac- رقم إجهاد التلامس المسموح ويأخذ قيمته من الشكل (2) أو من الجدول (4).

Cp- معامل المرونة ويساوي(2300) لعناصر الفولاذ المزدوجة وتحدد قيمته للمعادن الأخرى غير الفولاذ من الجدول (5).

نسبة المسننات:

$$MG = \frac{NG}{Np}$$

إن قيمة (Cs) المحددة بهذه العلاقة هي أصغرية للتصميم الجيد لمخفض السرعة، ويمكن تحديد قيمة (C3) بدقة أكبر عبر العلاقة التالية:

$$C3 = I\left(\frac{Sac}{Cp}\right)^2$$

$$I = \cos\phi t.\sin\phi t.\frac{MG}{MG+1}.\frac{L\min}{F}$$

حيث أن:

I- المعامل الهندسي لمقاومة الدق(تآكل) يحدد بشكل تقريبي بالعلاقة التالية:

$$I = 0.225\frac{MG}{MG+1}$$

$$\phi t = \tan^{-1}\left(\frac{\tan \phi n}{\cos \psi}\right)$$

ϕt- زاوية الضغط التشغيلية العرضية وتقاس بالدرجات.

ψ- زاوية الحلزون التشغيلية.

Lmin- الطول الكلي الأصغري لخطوط التماس (في منطقة التماس).

إن أغلب المسننات الحلزونية تكون فيها نسبة سطح التلامس (2) أو أكثر والتقدير المعتدل هو:

$$\frac{L\min}{F} = \frac{0.95Z}{P_N}$$

Z- طول الخط الفاعل في المخطط المستعرض [in].

P_N- خطوة الأساس العادية [in].

$$C3 = \frac{\cos \phi t.\sin \phi t}{2}.\frac{MG}{MG+1}.\frac{0.95Z}{P_N}\left(\frac{Sac}{Cp}\right)^2$$

إن الطريقة المستعملة في هذه المواصفات لتحديد قيمة العوامل الهندسية لمقاومة الدق (I) هي طريقة مبسطة، ويمكن تحقيق دقة أكثر وتحليل مفصل باستعمال الطريقة المبينة في النظام (AGMA 218) [8] لنسب سطوح التلامس أقل من(1) وذلك عندما تحدد قيمة (I) ومن(AGMA 218) وعندما تكون [2C/(MG + 1)] ليست مطابقة لأكبر قطر خارجي منه طول (addendums) من الجانبين، وتحدد الخطوة التشغيلية للترس في كل المعادلات السابقة حسب النظام (AGMA 218).[8]

6-3- معدل عزم الانحناء Bending strength torque rating:

يؤدي عزم مقاومة الانحناء الى حدوث كسر في سن المسنن والكسر في هذه المنطقة يعتبر ظاهرة تعب طبيعية مقترنة بإجهاد الانحناء في السن وهي موضحة بشكل مفصل في النظام (AGMA-110).[6]

تهدف الصيغة الحسابية لمقاومة الانحناء لتحديد معدل الحمل المطبق على السن بحيث لا يحدث كسر في شريحة جذر السن خلال العمر التصميمي للأسنان وتستعمل العلاقة التالية لحساب معدل مقاومة الانحناء في المسننات الحلزونية المفردة والمزدوجة:

$$Tat = \frac{np.d.K5}{2no}.\frac{F}{Km}.Sat\frac{J}{Pd}$$

أو

Tat=K1.K2.K3.K4.

حيث:

Tat: عزم النقل المسموح به على المحور الكبير لعلبة السرعة حسب مقاومة الانحناء [Lb-in].

$$K1 = \frac{np.d.K5}{2no}$$

K1: رقم سرعة المقاومة.

np: عدد دورات الترس الصغير (rpm).

d: قطر الخطوة التشغيلية للترس dpreting pitch diameter

$$K5 = \sqrt{\frac{78}{78 + \sqrt{Vt}}}$$

K5: معامل السرعة لمقاومة الإنحناء.

no: عدد دورات عمود المخرج للمخفض (عدد دورات الوحدة السطحية بالدقيقة) (rpm).

Vt: سرعة خط الخطوة [قدم/دقيقة]

$$Vt = d.np.0.262$$

K2: رقم تلامس المقاومة

$$K2 = \frac{F}{Km}$$

F: عرض الوجه لأضيق منطقة في المسننات المزدوجة ويكون عرض الوجه الصافي للمسننات المزدوجة مساوياً لمجموع عرضي السطحين للمسننين [in].

Km: معامل الحمل الموزع لمقاومة الإنحناء من الشكل(6) وفي حال وجود انحرافات أو أخطاء بالتراصف (المحاذاة) فإن قيم (Km) المأخوذة من الشكل(6) تعطي القيمة الفعالية للحمل الموزع على الوجه. في هذه الحالة يتم حساب (Km) باستعمال النظام (AGMA-218).[8]

K_3: رقم إجهاد المقاومة ويساوي الى رقم إجهاد الانحناء المسموح به [PSI] وتؤخذ قيمته من الشكل(5) أو من الجدول(6)

K3=Sat

K4: الرقم الهندسي للمقاومة.

$$K4 = \frac{J}{Pd}$$

J: المعامل الهندسي لمقاومة الانحناء (AGMA-226).[7]

Pd: الخطوة القطرية diameter pitch.

$Pd = Pnd \cdot \cos\psi$

Pnd: الخطوة العادية القطرية normal diameter pitch ويجب أن تحسب مقاومة الانحناء بكل من الترس الصغير والمسنن الكبير والقيمة الصغرى للانحناء، هي مقاومة الانحناء للمسنن.

3-7- معدل العزم الإستاتيكي: Static torque rating:

إن أحمال العزم الإستاتيكي على أسنان المسنن الكبير يمكن أن تحدث عن طريق مقاومة العزم الناشئ عن عملية الموازنة أو مجالات التشغيل غير الطبيعية، وإن وصف المعدن في حالات التركيب والصيانة وكيفية استعمال السرعة للوحدات السطحية التي يمكن أن تؤدي إلى حدوث عزوم إستاتيكية عالية.

إن معدل العزم الإستاتيكي لمخفض السرعة والمقاوم لهذه الأحمال يجب أن يعادلها أو يكون بمعدل(500%) من المعدل الإسمي لعلبة السرعة.

تستعمل العلاقة التالية لحساب معدل العزم الاستاتيكي:

$$Tas = \frac{D}{2}.\frac{J}{Pd}.\frac{F}{K_{ms}}.Say.Ky$$

حيث:

D: قطر الخطوة التشغيلية للمسنن [in].

Tas: معدل العزم الاستاتيكي المسموح به على المسنن أو الترس الصغير.

Tas1: معدل العزم الاستاتيكي للتخفيض الأول.

Tas2: معدل العزم الاستاتيكي للتخفيض الثاني.

Tas2 = Tas 1 + MG2

Say: رقم مقاومة الخضوع المسموح به لمعدن المسنن أو الترس الصغير شكل (9 و 10) من الفولاذ أو الحديد العقدي.

ولتقسية المعادن (باللهب - بالتحريض - بالنترجة أو بالكربنة).

Ky: معامل مقاومة الخضوع من الجدول (7).

Kms: معامل توزيع الحمل (العزم الاستاتيكي).

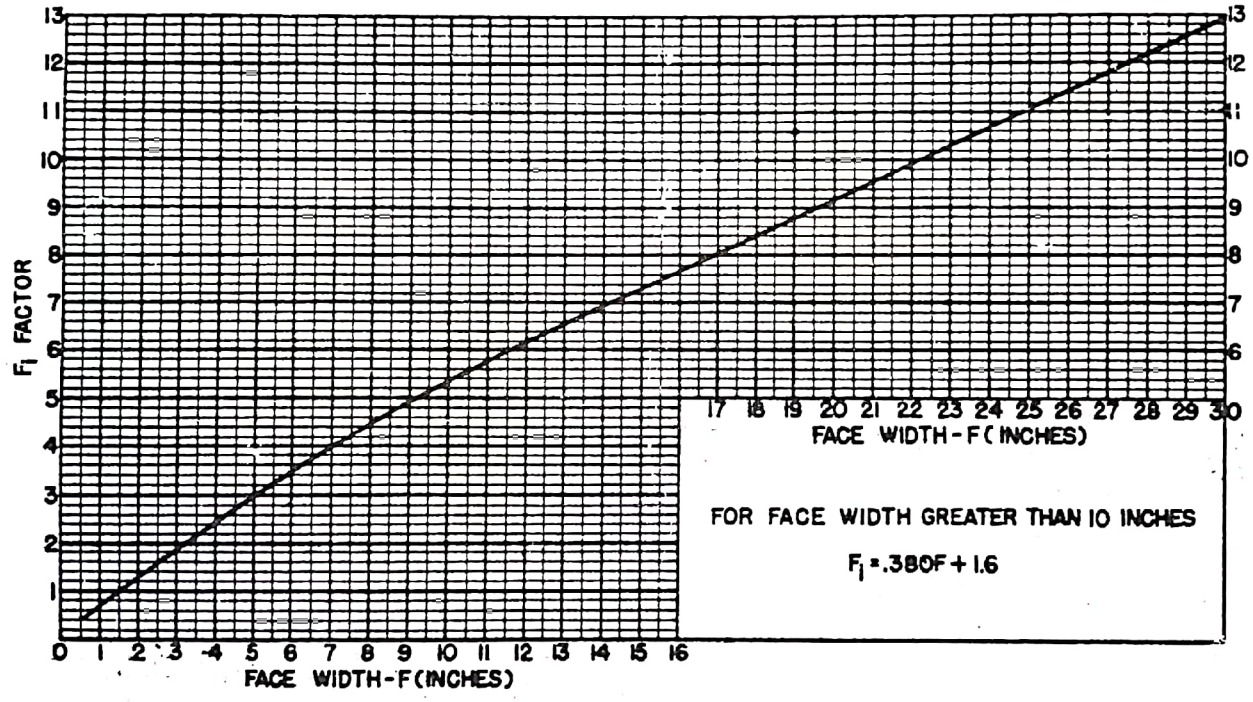
جدول رقم (7) معامل Ky مقاومة التقب

YIELD STENGTH FACTOR – KY	
Material	
Steel (through Hardened)	1.0
Nodular Iron	1.0
Steel (Flame or Induction Hardened)	0.85
Steel (case carburized)	1.20
Steel (Nitrided)	0.85
Cast Iron	0.75
Malleable Iron	1.0

$F \leq 16$ عندما تكون $Kms = 0.144F + 1.07$

$F > 16$ عندما تكون $Kms = 1.3$

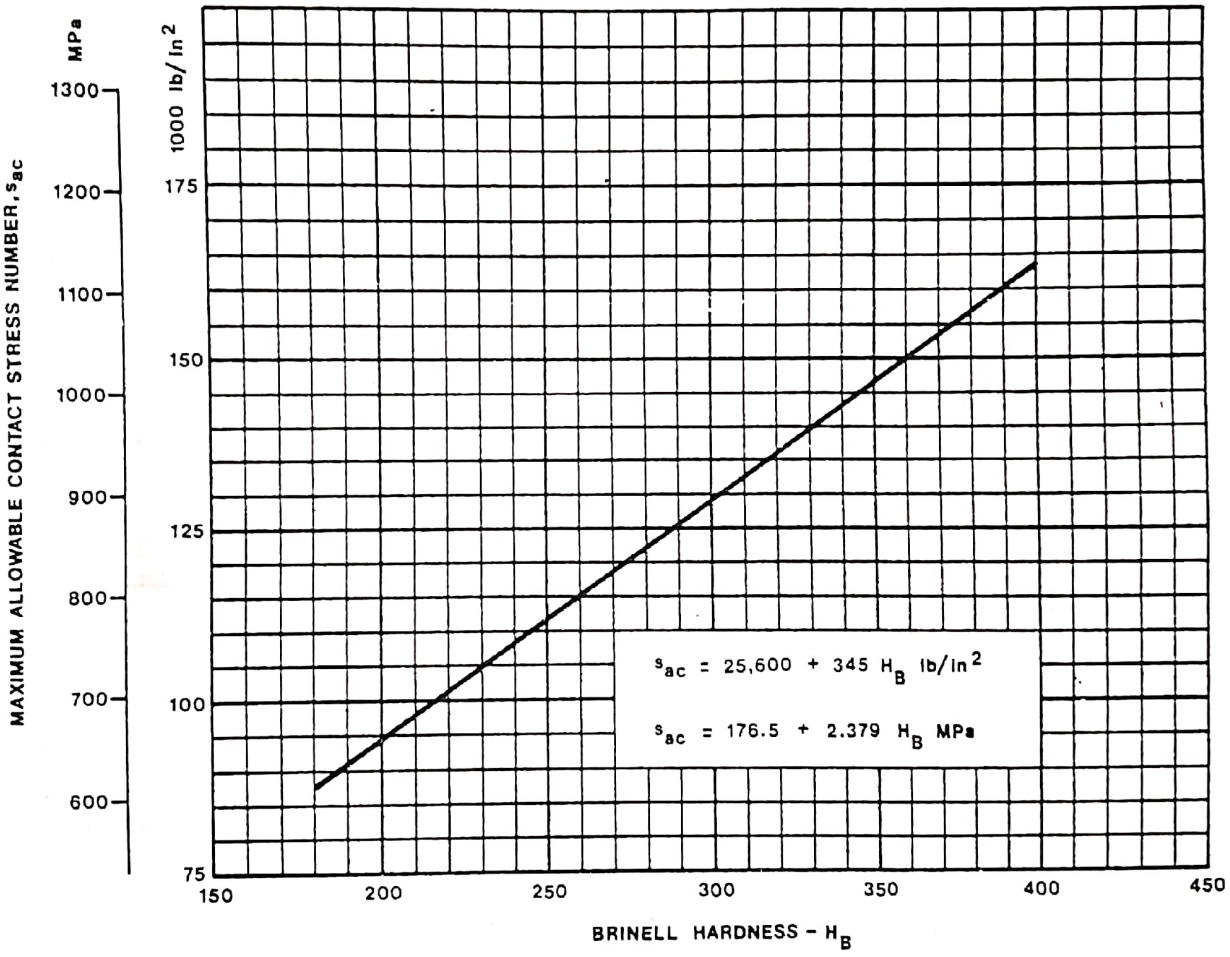
إن معدل العزم الاتساتيكي المسموح به والمحدد بهذه العلاقة سوف يكون معتدلاً عندما يكون العامل الهندسي (J) متضمناً معامل الاجهاد المركز للتعب، ويجب تحديده للمعادن التي لا تكون فيها نقطة الخضوع محددة جيداً والمقاومة القصوى تعادل تقريباً الخضوع، لهذه المعادن يجب اختيار أصغر قيمة لـ(Ky)، وإن قيم الخضوع تتعلق بالمعادن المستخدمة.



VARIATION OF F_1 FACTOR WITH FACE WIDTH

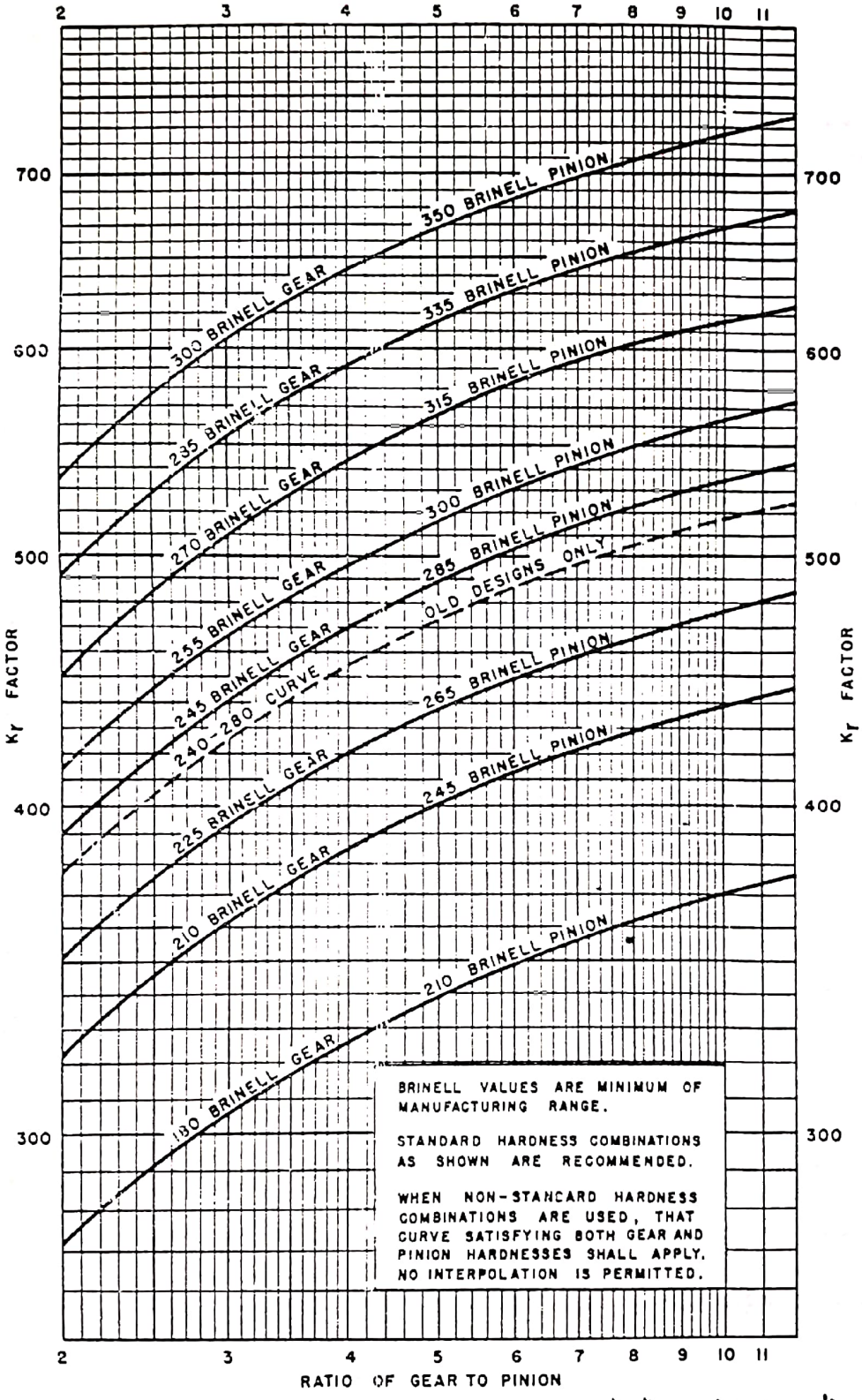
شكل/1/ تحديد قيم المعامل(F_1) حسب عرض الوجه

HELICAL AND HERRINGBONE GEARS



ALLOWABLE CONTACT FATIGUE STRESS FOR THROUGH HARDENED AND TEMPERED STEEL GEARS — s_{ac}

شكل/2/ إجهاد التعب المسموح به بالتلامس للمسننات المصنوعة من الفولاذ القاسي والفولاذ المعتدل Sac.



- تؤخذ قيم برينل صغيرة في مجال التصنيع.

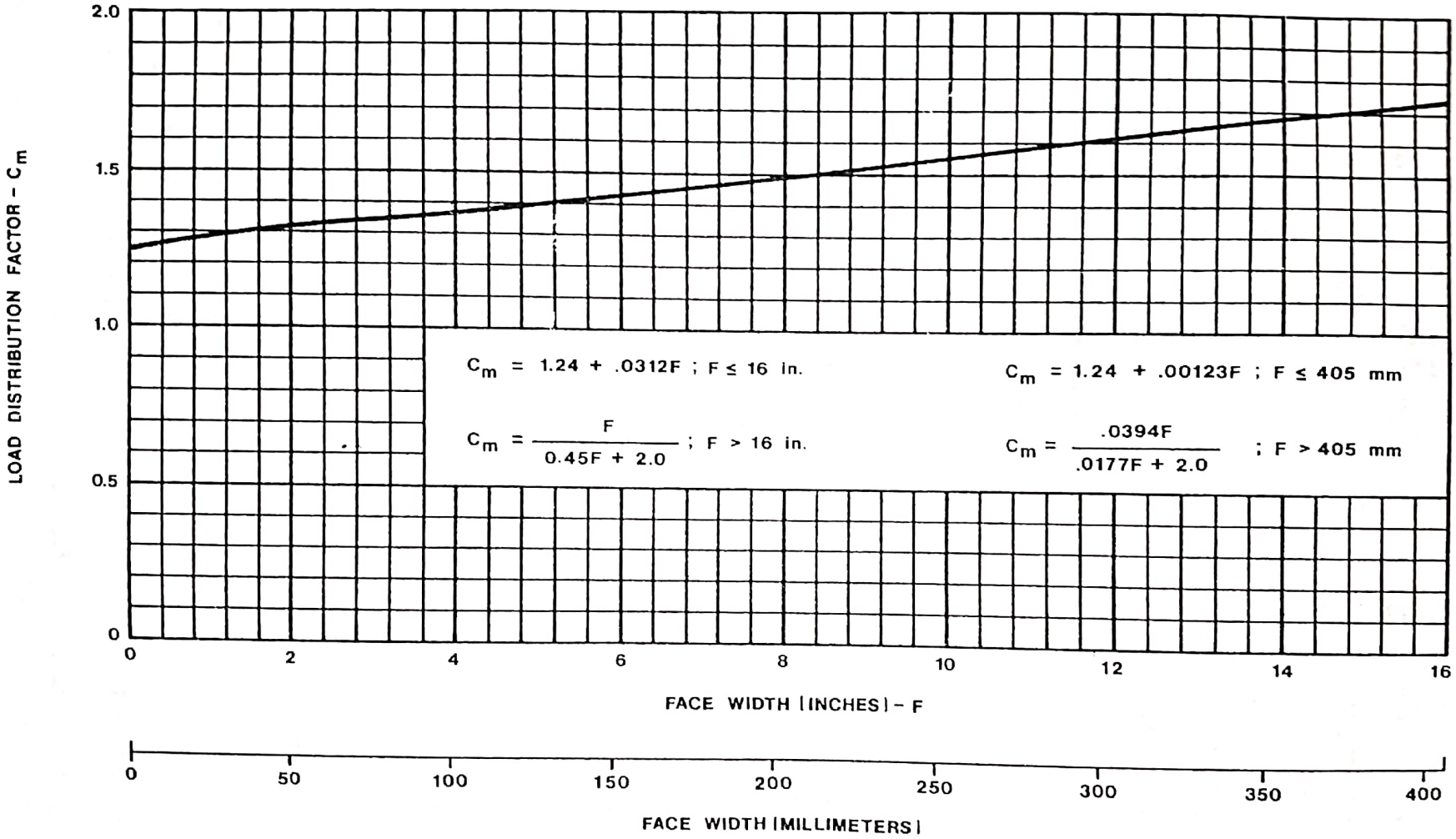
- ينصح باستخدام مجموعات ذات قساوات قياسية.

- لا يسمح باستكمال هذه المنحنيات.

VARIATION OF K, FACTOR WITH GEAR RATIO

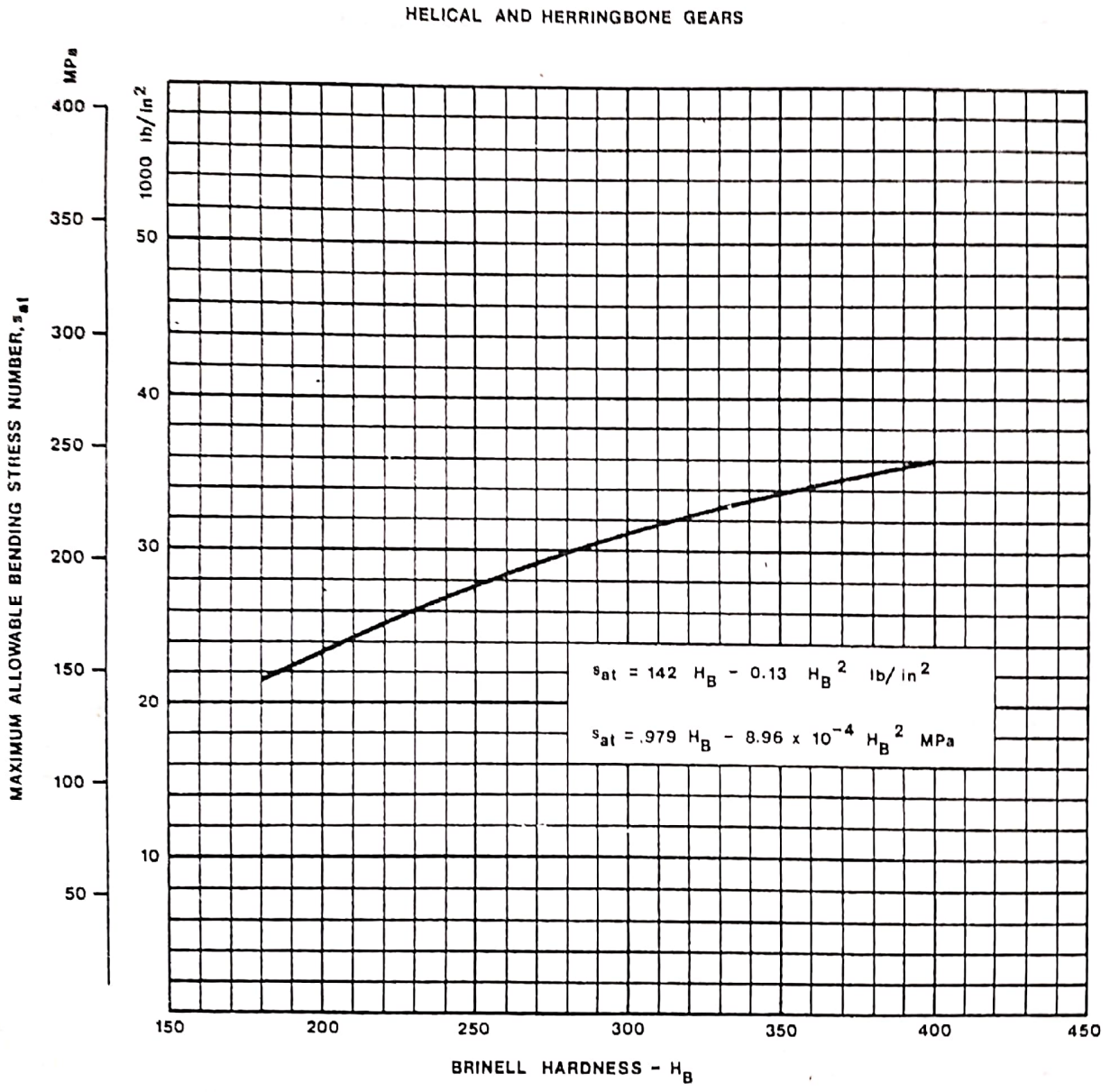
شكل/3/ تحديد قيم المعامل (K) حسب نسبة أسنان المسننات.

HELICAL AND HERRINGBONE GEARS



HELICAL GEAR LOAD DISTRIBUTION FACTOR — C_m

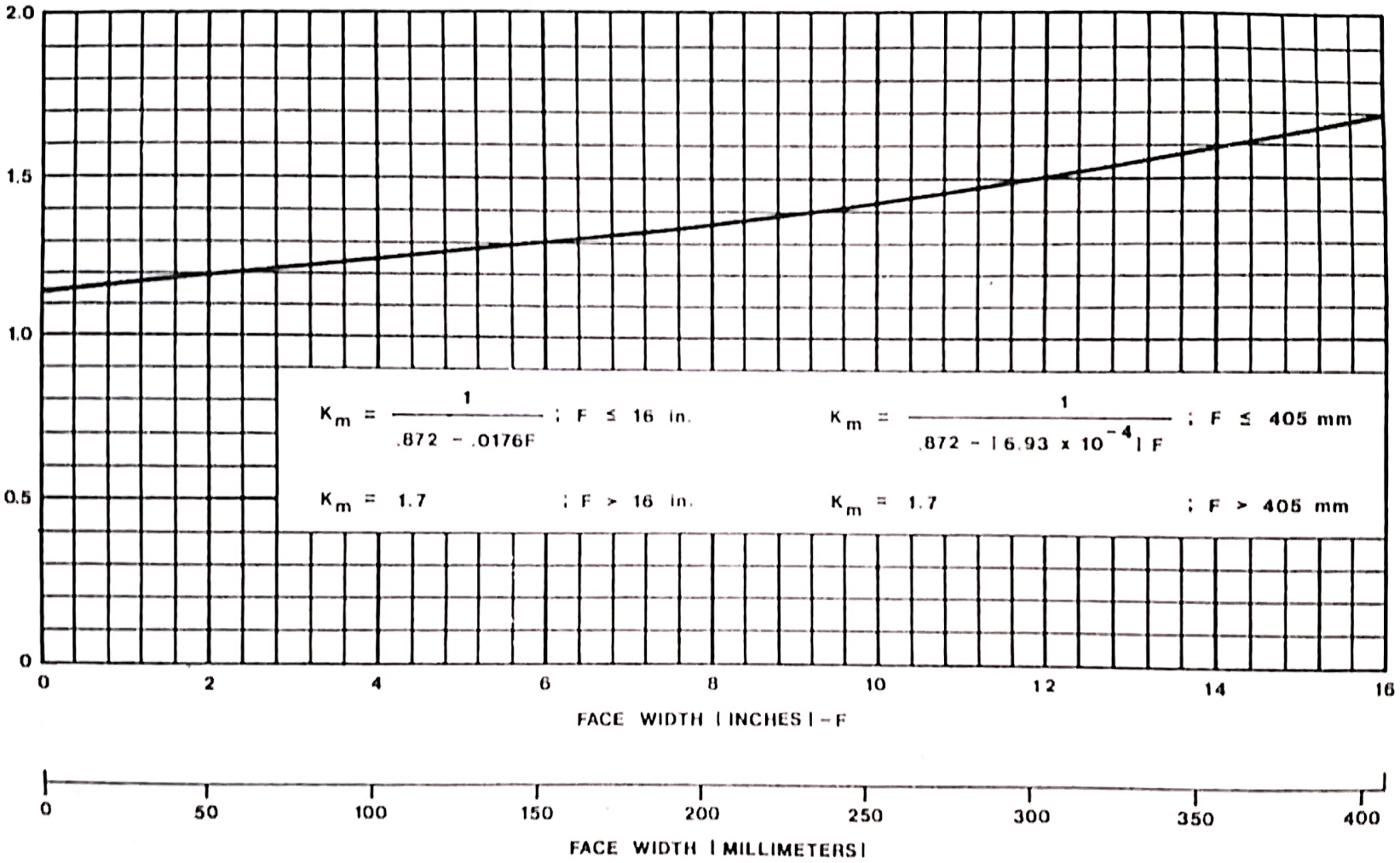
شكل/4/ معامل الحمل الموزع للمسنن الحلزوني الخاص بمقاومة الدق Cm.



ALLOWABLE BENDING FATIGUE STRESS FOR THROUGH HARDENED AND TEMPERED STEEL GEARS — s_{at}

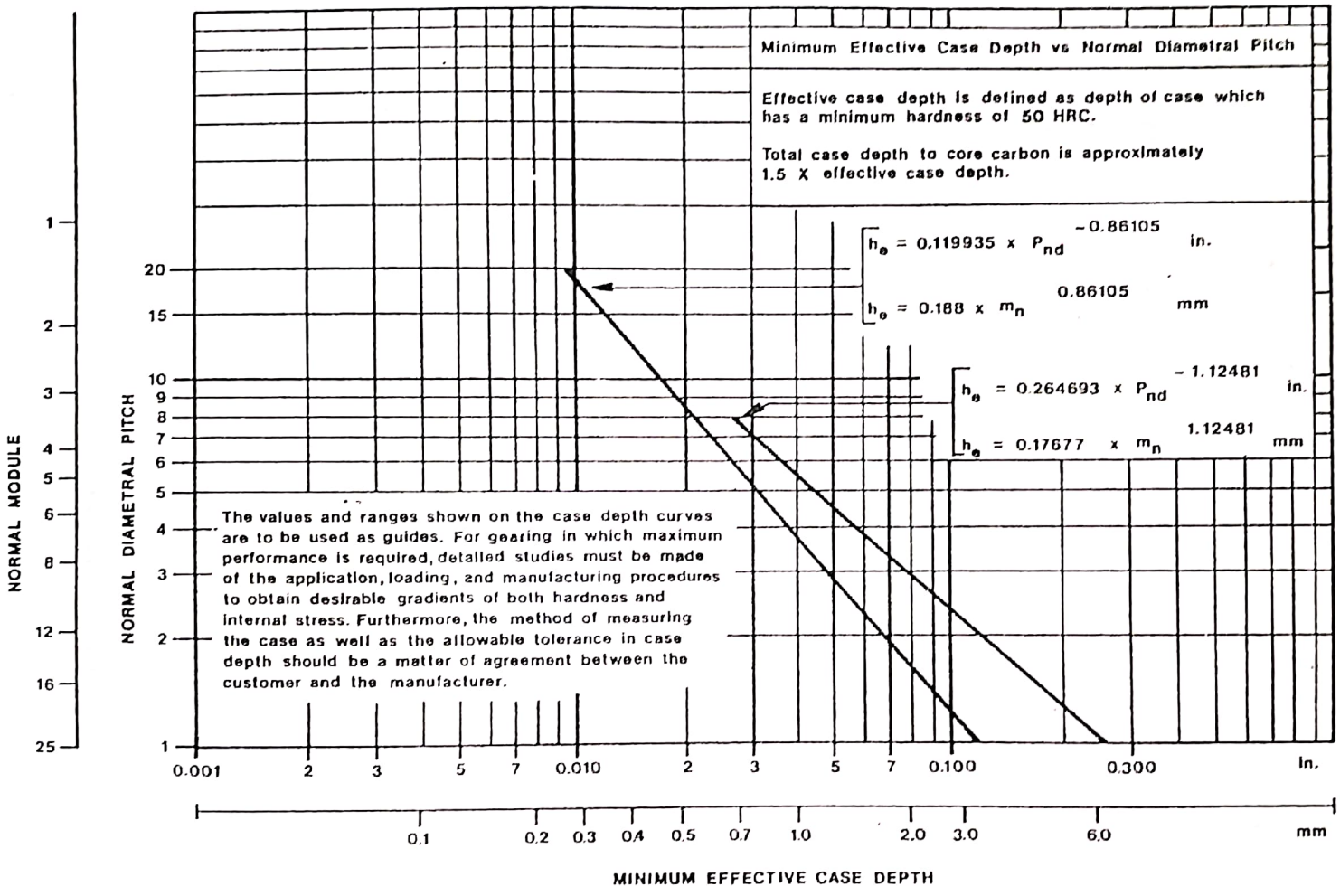
شكل/5/ إجهاد التعب المسموح بالانحناء للمسننات الفولاذية القاسية والمعتدلة Sat.

HELICAL AND HERRINGBONE GEARS



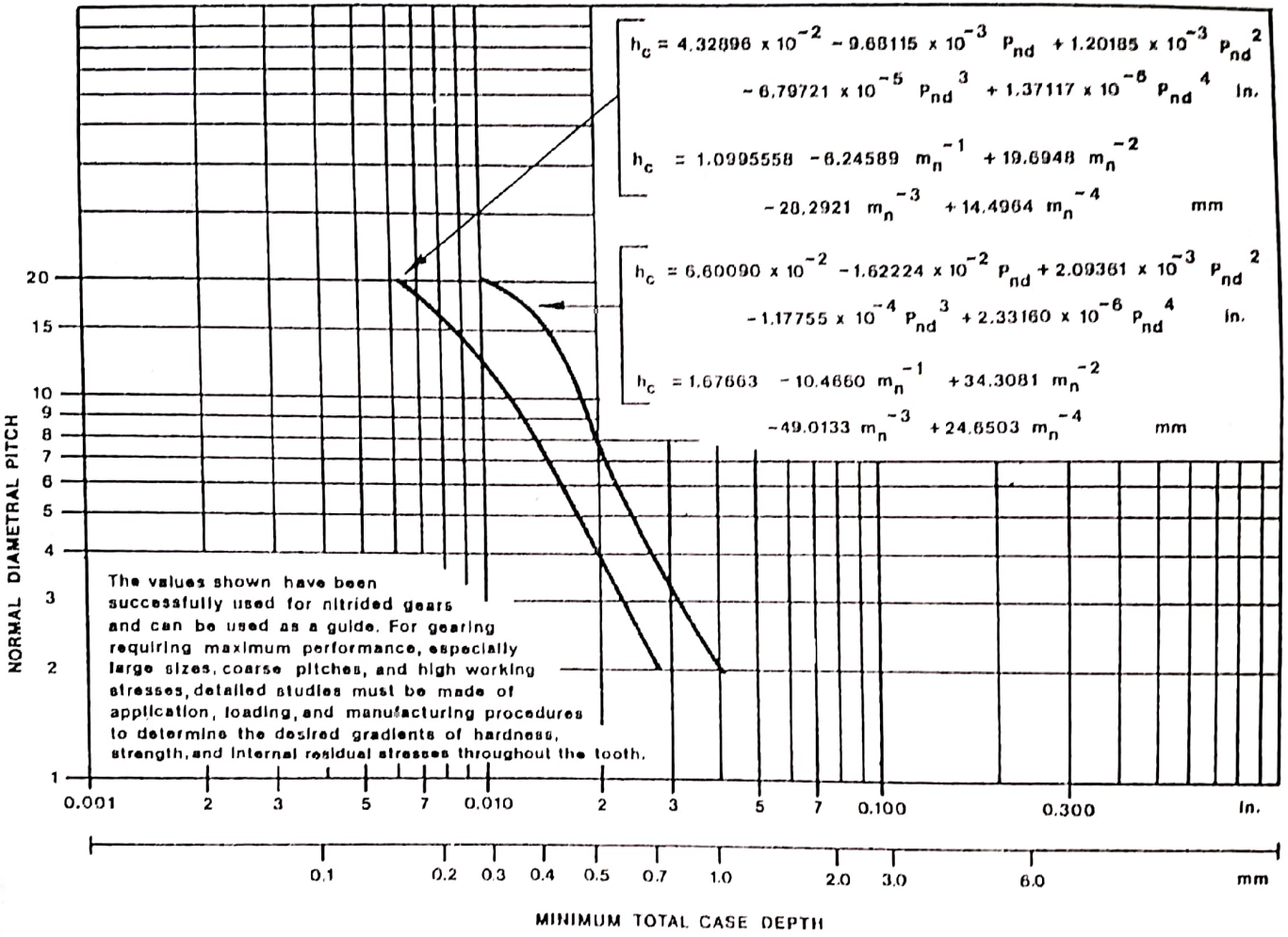
HELICAL GEAR LOAD DISTRIBUTION FACTOR — K_m

شكل/6/ معامل الحمل الموزع للمسنن الحلزوني Km.



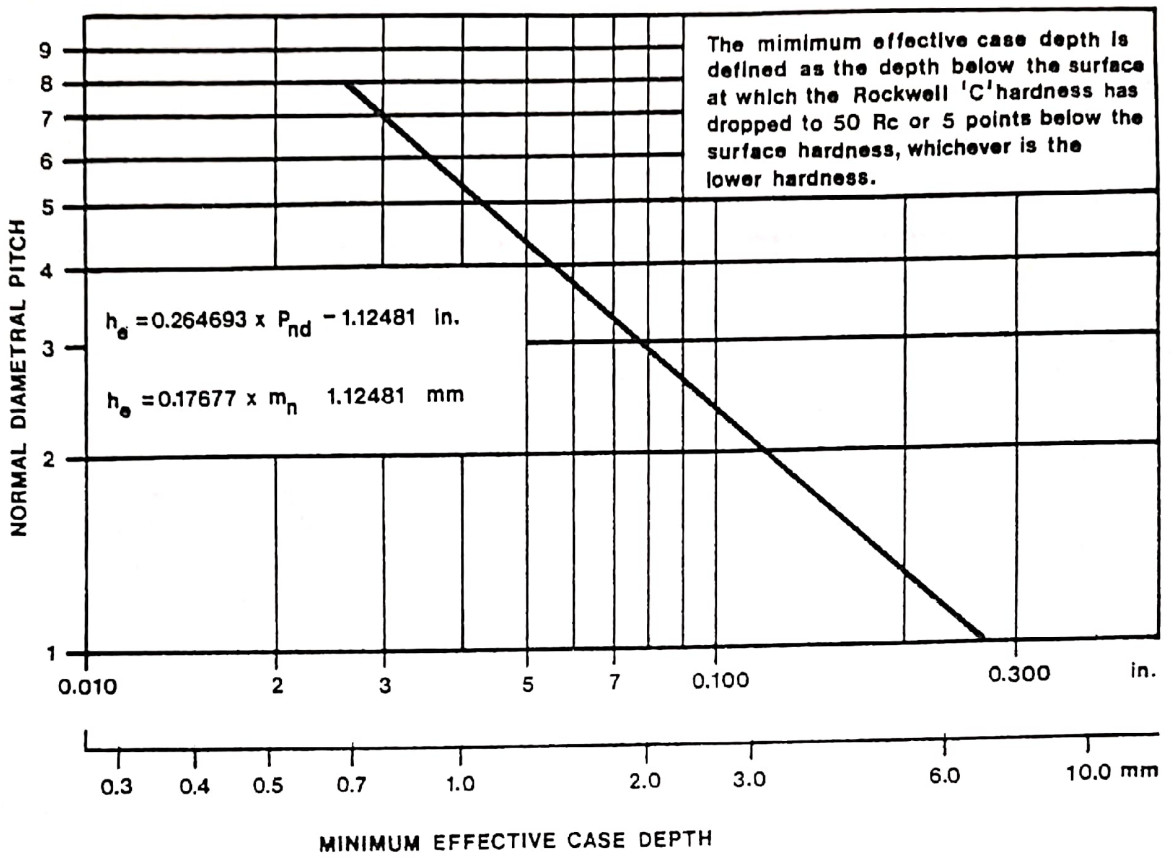
EFFECTIVE CASE DEPTH FOR CARBURIZED GEARS, h_e

شكل /7/ العمق الفعال للمسننات الفولاذية المكربنة he.



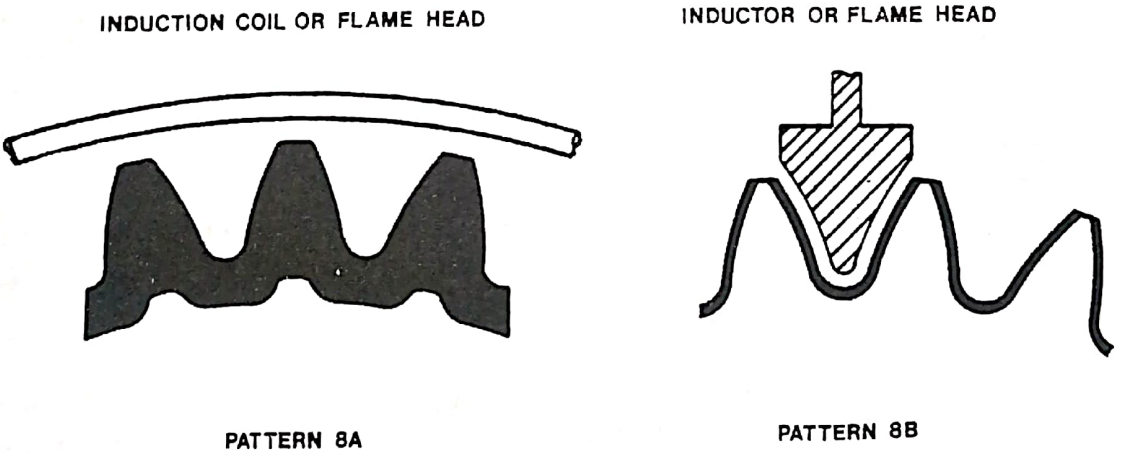
MINIMUM TOTAL CASE DEPTH FOR NITRIDED GEARS, h_c

شكل /8/ العمق الكلي الأصغري للمسننات الفولاذية المعالجة بالنترجة hc.



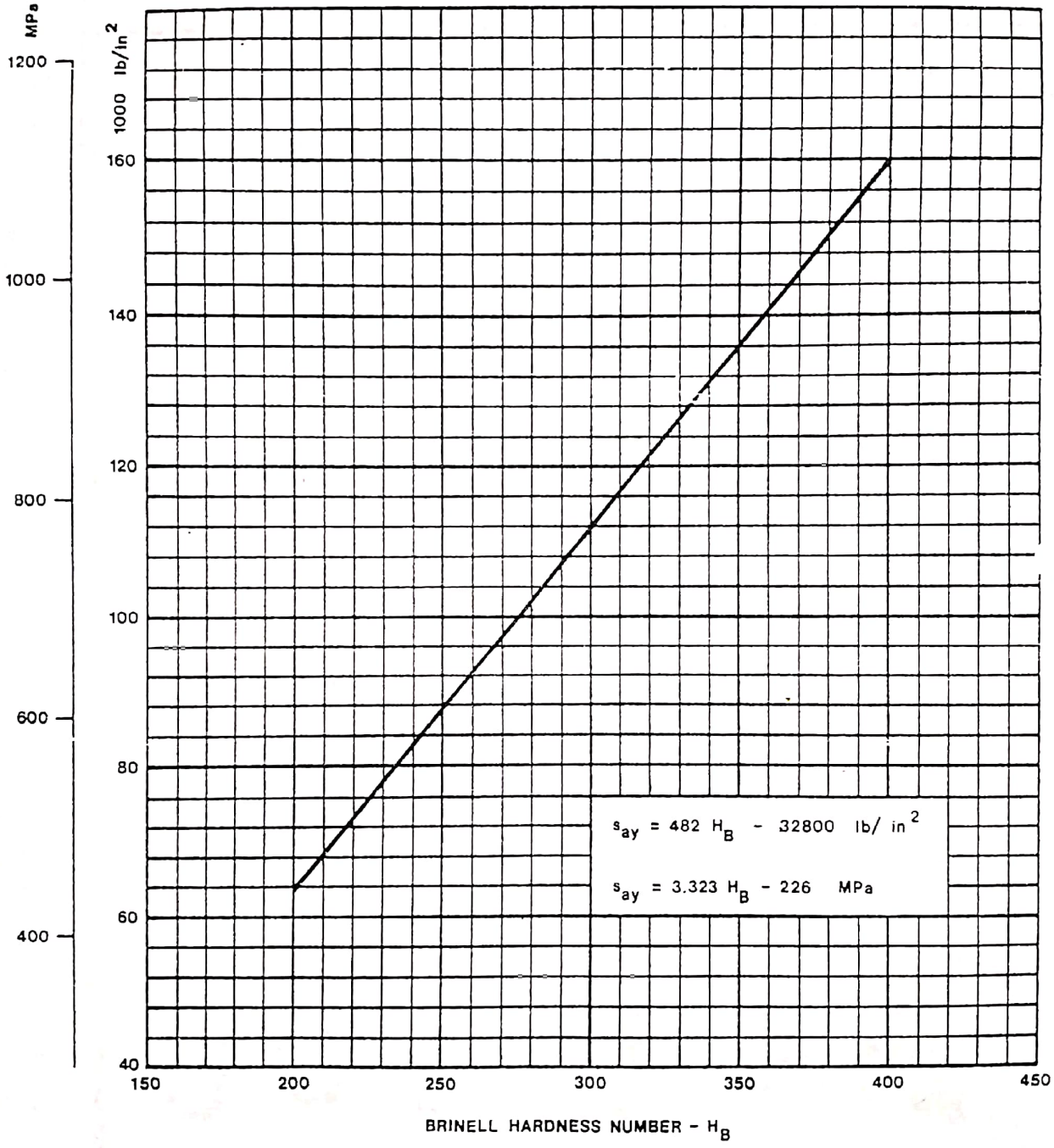
MINIMUM EFFECTIVE CASE DEPTH FOR FLAME OR INDUCTION HARDENED GEARS, h_e

شكل /9/ العمق الكلي الأصغري للمسننات الفولاذية بالنترجة he.



ACCEPTABLE FLAME AND INDUCTION HARDENING PATTERNS

شكل /10/ طرق التقسية بالاشعاع بواسطة الوشائع أو باللهب



ALLOWABLE YIELD STRENGTH NUMBER — s_{ay}
STEEL AND NODULAR IRON

شكل /11/ رقم مقاومة الخضوع المسموح بها Say للفولاذ والحديد العقدي.

جدول /3/ قيم القساوة الأصغرية للمسنن والترس للمسننات الفولاذية القاسية والمعتدلة.

SUGGESTED MINIMUM GEAR AND PINION BRINELL HARDNESS COMBINATIONS FOR THROUGH HARDENED AND TEMPERED STEEL GEARS

Gear	180	210	225	245	255	270	285	300	335	350	375
Pinion	210	245	265	285	295	310	325	340	375	390	415

جدول /4/ القيم الأعظمية لرقم إجهاد التلامس الأعظمي المسموح لبقية المعادن المختلفة عن المسننات الفولاذية القاسية والمعتدلة Sac.

MAXIMUM ALLOWABLE CONTACT STRESS NUMBER — s_{ac}

(For Other Than Through Hardened and Tempered Steel Gears)

Material	AGMA Class	Commercial Designation	Heat Treatment	Minimum Hardness at Surface	s_{ac}, psi
Steel			Flame or Induction Hardened 2*	50 HRC 54 HRC	170.000 175.000
			Carburized and Case Hardened*	55 HRC 60 HRC	180.000 200.000
		AISI 4140 AISI 4340	Nitrided** Nitrided	48 HRC 46 HRC	155.000 155.000
Cast Iron	20 30 40		As Cast As Cast As Cast	 175 BHN 200 BHN	57.000 70.000 80.000
Nodular (Ductile) Iron	A-7-a A-7-c A-7-d A-7-e —	60-40-18 80-55-06 100-70-03 120-90-02 120-90-02 Mod.	Annealed Quenched & Tempered Quenched & Tempered Quenched & Tempered Quenched & Tempered	140 BHN 180 BHN 230 BHN 270 BHN 300 BHN	1* 90 to 100% of s_{ac} value of steel with same hardness (see Fig. 3.1)
Malleable Iron (Pearl-itic)	A-8-c A-8-e A-8-f A-8-1	45007 50005 53007 80002	----- ----- ----- -----	165 BHN 180 BHN 195 BHN 240 BHN	68.000 74.000 79.000 89.000

أ- للعمق الأصغري في حالة الكربنة حسب الشكل (7).
ب- للعمق الأصغري في حالة النترجة حسب الشكل (8).
جـ- تحدد الاجهادات الأعظمية المسموح بها للحديد العقدي من جداول علم المعادن.
د- للعمق الأصغري في حالة التقسية باللهب والتحريض ولنوع التقسية حسب الشكل (9).

جدول /5/ معامل المرونة Cp.

ELASTIC COEFFICIENT—C_p

Pinion Material and Modulus of Elasticity E_p		Gear Material & Modulus of Elasticity E_g — psi Steel $30x10^6$	Malleable Iron $25x10^6$	Nodular Iron $24x10^6$	Cast Iron $22x10^6$
Steel	$30x10^6$	2300	2180	2160	2100
Mall. Iron	$25x10^6$	2180	2090	2070	2020
Nod. Iron	$24x10^6$	2160	2070	2050	2000
Cast Iron	$22x10^6$	2100	2020	2000	1960

Poisson's ratio = 0.30

جدول /6/ رقم إجهاد التعب المسموح بالانحناء Sat.

ALLOWABLE BENDING FATIGUE STRESS NUMBER — s_{at}

(For Other Than Through Hardened and Tempered Steel Gears)

Material	AGMA Class	Commercial Designation	Heat Treatment	Min. Surface Hardness §	s_{at}, psi
Steel			Flame or Induction	50-54 RC	38,300
				Hardened 2*	
			Carburized & Case Hardened*	55 RC	47,000
				60 RC	47,000
		AISI 4140	Nitrided**	48 RC	29,000
		AISI 4340	Nitrided	46 RC	31,000
Cast Iron	20		As Cast	----	4,200
	30		As Cast	175 BHN	7,200
	40		As Cast	200 BHN	11,000
Nodular (Ductile) Iron	A-7-a	60-40-18	Annealed	140 BHN	1* 90 to 100% of s_{at} value of steel with same hardness
	A-7-c	80-55-06	Quenched & Tempered	180 BHN	
	A-7-d	100-70-03	Quenched & Tempered	230 BHN	
	A-7-e	120-90-02	Quenched & Tempered	270 BHN	
	—	120-90-02 Mod.	Quenched & Tempered	300 BHN	
Malleable Iron (Pearl-itic)	A-8-c	45007	-----	165 BHN	8,500
	A-8-e	50005	-----	180 BHN	11,000
	A-8-f	53007	-----	195 BHN	13,600
	A-8-i	80002	-----	240 BHN	17,900

REFERENCES المراجع

1- نشرة البترول الأمريكي API حول وحدات الضخ السطحية النفطية. Sepc. 11E pumping units.

2- AGMA std 422-02 standard practice for the rating of helical and herrinbone gear speed reducers for oil field pumping units.

3- AGMA 240-01 Gear materials manual.

4- ANSI (American National Standards Institute) B29.1 chain reducers.

5- AGMA 112-gear nameclature terms defintions, symbols and abbrevations.

6- AGMA standard 110 Namenclature of geats tooth wear and failure.

7- AGMA-226 Geometry Factor for Bending Strength.

8- AGMA-218 Load Distribution Factor Analyctical Method.