

Výpočet únosnosti čelních ozubených kol s přímými a šikmými zuby - Část 2: Výpočet trvanlivosti povrchu (pitting)

ČSN
ISO 6336-2
01 4687

Calculation of load capacity of spur and helical gears -
Part 2: Calculation of surface durability (pitting)

Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques a dentures droite et hélicoïdale -
Partie 2: Calcul de la résistance a la pression de contact (pique)

Tato norma je českou verzí mezinárodní normy ISO 6336-2:2006 včetně ISO 6336-2:2006/Cor.1:200-06.

Překlad byl zajištěn Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Má stejný status jako oficiální verze.

This standard is the Czech version of the International Standard ISO 6336-2:2006 [including](#) ISO 6336-2:2006/Cor.1:2008-06. It was translated by the Czech Office for Standards, Metrology and Testing.

It has the same status as the official version.

Národní předmluva

Vysvětlivky k textu převzaté normy

Tato norma obsahuje zapracovanou opravu ISO 6336-2:2006/Cor.1:2008-06.

Informace o citovaných dokumentech

ISO 53:1998 nezavedena

ISO 1122-1:1998 zavedena v ČSN ISO 1122-1:2013 (01 4604) Slovník termínů ozubených kol - Část 1: Definice vztahující se ke geometrii

ISO 6336-1:2006 zavedena v ČSN ISO 6336-1:2013 (01 4687) Výpočet únosnosti čelních ozubených kol s přímými a šikmými zuby - Část 1: Základní principy, doporučené a obecně ovlivňující faktory

ISO 6336-5:2003 zavedena v ČSN ISO 6336-5:2005 (01 4687) Výpočet únosnosti čelních ozubených kol s přímými a šikmými zuby - Část 5: Údaje o pevnosti a kvalitě materiálů

Vypracování normy

Zpracovatel: ČVUT FSTROJ Praha, IČ 68407700, Doc. Dr. Ing. Tomáš Vampola, Ing. Jaroslav Skopal, CSc.

Technická normalizační komise: TNK 25 Ozubená kola, převodovky a drážkování

Pracovník Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Bc. Jan Klíma

MEZINÁRODNÍ NORMA

Výpočet únosnosti čelních ozubených kol s přímými ISO 6336-2
a šikmými zuby – Druhé vydání

Část 2: Výpočet trvanlivosti povrchu (pitting) 2006-09-01

ICS 21.200

Obsah
Strana

Contents
Page

Předmluva	6
Úvod	7
1 Předmět normy	8
2 Citované dokumenty	8
3 Termíny, definice, značky a zkratky	
termínů	9
4 Pittingové poškození a faktor bezpečnosti	9
5 Základní vzorce	10
5.1 Obecně	10
5.2 Faktor bezpečnosti pro trvanlivost povrchu (proti pittingu), S_H	11
5.3 Napětí v dotyku, s_H	11
5.4 Přípustné napětí v dotyku, s_{HP}	13
6 Faktor zóny Z_H a faktory dotyku jedné dvojice boků zubů Z_B a Z_D	17
6.1 Faktor zóny, Z_H	17
6.2 Faktory dotyku jedné dvojice boků zubů Z_B a Z_D pro $e_a \leq 2$	18
6.3 Faktory dotyku jedné dvojice boků zubů Z_B a Z_D pro $e_a > 2$	20
7 Faktor elasticity, Z_E	20
8 Faktor poměrného dotyku, Z_e	21
8.1 Stanovení faktoru poměrného dotyku, Z_e	22
8.2 Výpočet poměrného čelního dotyku e_a a poměrného sklonu e_b	23
9 Faktor úhlu sklonu, Z_b	24
10 Napětí v dotyku	24
10.1 Hodnoty dovoleného napětí (dotyk) $s_{H \text{ lim}}$ pro metodu B	25
10.2 Hodnoty dovoleného napětí pro metodu B_R	25
11 Faktor životnosti, Z_{NT} (pro boky zubů)	25
11.1 Faktor životnosti Z_{NT} : Metoda A	25
11.2 Faktor životnosti Z_{NT} : Metoda B	26
12 Faktory vlivu mazacího filmu, Z_L , Z_V a Z_R	27
12.1 Obecně	27
Strana	
12.2 Vliv mazacího filmu: Metoda A	28
12.3 Faktory vlivu mazacího filmu Z_L , Z_V a Z_R : Metoda B	28
13 Faktor provozní tvrdosti, Z_W	34
13.1 Faktor provozní tvrdosti, Z_W : Metoda A	34
13.2 Faktor provozní tvrdosti, Z_W : Metoda B	35
14 Faktor velikosti, Z_X	38
Příloha A (informativní) Počátek evolventy	39
Bibliografie	42

Foreword	6
Introduction	7
1 Scope	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms	9
4 Pitting damage and safety factors	9
5 Basic formulae	10
5.1 General	10
5.2 Safety factor for surface durability (against pitting), S_H	11
5.3 Contact stress, s_H	11
5.4 Permissible contact stress, s_{HP}	13
6 Zone factor, Z_H , and single pair tooth contact factors, Z_B and Z_D	17
6.1 Zone factor, Z_H	17
6.2 Single pair tooth contact factors, Z_B and Z_D , for $e_a \leq 2$	18
6.3 Single pair tooth contact factors, Z_B and Z_D , for $e_a > 2$	20
7 Elasticity factor, Z_E	20
8 Contact ratio factor, Z_e	21
8.1 Determination of contact ratio factor, Z_e	22
8.2 Calculation of transverse contact ratio, e_a , and overlap ratio, e_b	23
9 Helix angle factor, Z_b	24
10 Strength for contact stress	24
10.1 Allowable stress numbers (contact), $s_{H \text{ lim}}$, for Method B	25
10.2 Allowable stress number values for Method B_R	25
11 Life factor, Z_{NT} (for flanks)	25
11.1 Life factor Z_{NT} : Method A	25
11.2 Life factor Z_{NT} : Method B	26
12 Influence of lubricant film, factors Z_L , Z_V and Z_R	27
12.1 General	27
Page	
12.2 Influence of lubricant film: Method A	28
12.3 Influence of lubricant film, factors Z_L , Z_V and Z_R : Method B	28
13 Work hardening factor, Z_W	34
13.1 Work hardening factor, Z_W : Method A	34
13.2 Work hardening factor, Z_W : Method B	35
14 Size factor, Z_X	38
Annex A (informative) Start of involute	39
Bibliography	42

Odmítnutí odpovědnosti za manipulaci s PDF souborem

Tento soubor PDF může obsahovat vložené typy písma. V souladu s licenční politikou Adobe lze tento soubor tisknout nebo prohlížet, ale nesmí být editován, pokud nejsou typy písma, které jsou vloženy, používány na základě licence a instalovány v počítači, na němž se editace provádí. Při stažení tohoto souboru přejímají jeho uživatelé odpovědnost za to, že nebude porušena licenční politika Adobe. Ústřední sekretariát ISO nepřijímá za její porušení žádnou odpovědnost.

Adobe je obchodní značka „Adobe Systems Incorporated“.

Podrobnosti o softwarových produktech použitých k vytvoření tohoto souboru PDF lze najít ve Všeobecných informacích, které se vztahují k souboru; parametry, na jejichž základě byl PDF soubor vytvořen, byly optimalizovány pro tisk. Soubor byl zpracován s maximální péčí tak, aby ho členské organizace ISO mohly používat. V málo pravděpodobném případě, že vznikne problém, který se týká souboru, informujte o tom Ústřední sekretariát ISO na níže uvedené adrese.

DOKUMENT CHRÁNĚNÝ COPYRIGHTEM

© ISO 2006

Veškerá práva vyhrazena. Pokud není specifikováno jinak, nesmí být žádná část této publikace reprodukována nebo používána v jakékoliv formě nebo jakýmkoliv způsobem, elektronickým nebo mechanickým, včetně fotokopíí a mikrofilmů, bez písemného svolení buď od organizace ISO na níže uvedené adrese nebo od členské organizace ISO v zemi žadatele.

ISO copyright office

Case postale 56 · CH-1211 Geneva 20

Tel. + 41 22 749 01 11

Fax + 41 22 749 09 47

E-mail copyright@iso.org

Web www.iso.org

Published in Switzerland

Předmluva

ISO (Mezinárodní organizace pro normalizaci) je celosvětová federace národních normalizačních orgánů (členů ISO). Mezinárodní normy obvykle vypracovávají technické komise ISO. Každý člen ISO, který se zajímá o předmět, pro který byla vytvořena technická komise, má právo být v této technické komisi zastoupen. Práce se zúčastňují také vládní i nevládní mezinárodní organizace, s nimiž ISO navázala pracovní styk. ISO úzce spolupracuje s Mezi-národní elektrotechnickou komisí (IEC) ve všech záležitostech normalizace v elektrotechnice.

Návrhy mezinárodních norem jsou vypracovávány v souladu s pravidly danými směrnici ISO/IEC, část 2.

Hlavním úkolem technických komisí je vypracování mezinárodních norem. Návrhy mezinárodních norem přijaté technickými komisemi se rozesílají členům ISO k hlasování. Vydání mezinárodní normy vyžaduje souhlas alespoň 75 % hlasujících členů.

Upozorňuje se na možnost, že některé prvky tohoto dokumentu mohou být předmětem patentových práv. ISO nelze činit odpovědnou za identifikaci jakéhokoliv nebo všech patentových práv.

ISO 6336-2 vypracovala technická komise ISO/TC 60 *Ozubení*, subkomise SC 2 *Výpočet únosnosti ozubení*.

Toto druhé vydání zrušuje a nahrazuje první vydání (ISO 6336-2:1996), kapitola 13, která byla technicky revidována. Jsou taky zahrnuty opravy ISO 6336-2:1996/Cor.1:1998 a ISO 6336-2:1996/Cor.2:1999.

ISO 6336 sestává z následujících částí se společným názvem *Výpočet únosnosti čelních ozubených kol s přímými a šikmými zuby*:

- Část 1: *Základní principy, doporučené a obecně ovlivňující faktory*
- Část 2: *Výpočet trvanlivosti povrchu (pitting)*
- Část 3: *Výpočet pevnosti v ohybu zubu*
- Část 5: *Údaje o pevnosti a kvalitě materiálů*
- Část 6: *Výpočet provozní životnosti při proměnném zatížení*

Úvod

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

International Standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 2.

The main task of technical committees is to prepare International Standards. Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

ISO 6336-2 was prepared by Technical Committee ISO/TC 60, *Gears*, Subcommittee SC 2, *Gear capacity calculation*.

This second edition cancels and replaces the first edition (ISO 6336-2:1996), Clause 13 of which has been technically revised. It also incorporates the Technical Corrigenda ISO 6336-2:1996/Cor.1:1998 and ISO 6336-2:1996/Cor.2:1999.

ISO 6336 consists of the following parts, under the general title *Calculation of load capacity of spur and helical gears*:

- *Part 1: Basic principles, introduction and general influence factors*
- *Part 2: Calculation of surface durability (pitting)*
- *Part 3: Calculation of tooth bending strength*
- *Part 5: Strength and quality of materials*
- *Part 6: Calculation of service life under variable load*

Introduction

Výchozím principem této části ISO 6336 pro vyhodnocování kontaktního napětí čelních ozubených kol jsou Hertzovy tlaky, které slouží jako podklad pro výpočet trvanlivosti povrchu. Jde o významný ukazatel napětí vznikajícího během záběru boků zubů. Není to však jediná příčina pittingu, stejně jako jí nejsou podpovrchová smyková napětí. Jsou zde další přispívající vlivy: např. činitel tření, směr a velikost skluzu a vliv maziva na rozdělení tlaků. Vývoj se ještě nedostal do takového stadia, aby mohl tyto vlivy přímo zahrnout do výpočtu únosnosti; nicméně se však do jistého stupně na ně bere ohled u penalizačních faktorů a při volbě materiálových vlastností.

I přes tyto nedostatky jsou Hertzovy tlaky jako pracovní hypotéza užitečné. Dá se to přisoudit faktu, že pro daný materiál jsou mezní hodnoty Hertzových tlaků s výhodou odvozeny z únavových zkoušek vzorků ozubených kol; do těchto hodnot jsou tedy zahrnuty i dodatečné příslušné vlivy. Existuje-li tedy pro oblast použití příslušný údaj, lze použít Hertzovy tlaky jako přijatelné konstrukční východisko pro extrapolaci z experimentálních dat na ozubená kola různých rozměrů.

Pro výpočet dovoleného dotykového napětí a pro stanovení řady faktorů bylo schváleno několik metod (viz ISO 6336-1).

DŮLEŽITÉ Uživatele této části ISO 6336 je nutné upozornit, že pokud je uvedena metoda použita pro velké úhly sklonu boku zubu a velké úhly záběru, vypočtené výsledky by měly být potvrzeny na základě zkušeností podle metody A. Kromě toho je třeba poznamenat, že nejlepší korelace byla získána pro provoz čelních ozubených kol, vysoké přesnosti s optimální modifikací.

1 Předmět normy

Tato část ISO 6336 uvádí základní vzorce pro stanovení únosnosti povrchu čelních kol s vnějším nebo vnitřním evolventním ozubením. Obsahuje vzorce pro všechny vlivy na trvanlivost povrchu, kterou lze kvantitativně vyhodnotit. Platí v první řadě pro převodovky mazané olejem, ale lze ji též použít pro získání přibližných hodnot pro (pomaluběžné) převodovky mazané tukem, dokud je záběr zubů trvale dostatečně mazán.

Uvedené vzorce platí pro čelní soukolí s profilem zubů v souladu se základním profilem uvedeným v ISO 53. Lze je použít pro zuby, které mají skutečný poměrný čelní dotyk menší než $e_{\alpha n} = 2,5$. Výsledky jsou v dobré shodě s jinými metodami pro rozmezí, která jsou uvedena v předmětu normy v ISO 6336-1.

Vzorce nelze přímo použít pro posouzení jiných druhů poškození povrchu zubů jako je plastická deformace, poškrábání, zadření nebo jakékoliv jiné poškození než je popsáno v kapitole 4.

Únosnost stanovená pomocí přípustného napětí v dotyku se nazývá „únosnost povrchu“ nebo „trvanlivost povrchu“.

Hertzian pressure, which serves as a basis for the calculation of contact stress, is the basic principle used in this part of ISO 6336 for the assessment of the surface durability of cylindrical gears. It is a significant indicator of the stress generated during tooth flank engagement. However, it is not the sole cause of pitting, and nor are the corresponding subsurface shear stresses. There are other contributory influences, for example, coefficient of friction, direction and magnitude of sliding and the influence of lubricant on distribution of pressure. Development has not yet advanced to the stage of directly including these in calculations of load-bearing capacity; however, allowance is made for them to some degree in the derating factors and choice of material property values.

In spite of shortcomings, Hertzian pressure is useful as a working hypothesis. This is attributable to the fact that, for a given material, limiting values of Hertzian pressure are preferably derived from fatigue tests on gear specimens; thus, additional relevant influences are included in the values. Therefore, if the reference datum is located in the application range, Hertzian pressure is acceptable as a design basis for extrapolating from experimental data to values for gears of different dimensions.

Several methods have been approved for the calculation of the permissible contact stress and the determination of a number of factors (see ISO 6336-1).

IMPORTANT The user of this part of ISO 6336 is cautioned that when the method specified is used for large helix angles and large pressure angles, the calculated results should be confirmed by experience as by Method A. In addition, it is important to note that best correlation has been obtained for helical gears when high accuracy and optimum modifications are employed.

1 Scope

This part of ISO 6336 specifies the fundamental formulae for use in the determination of the surface load capacity of cylindrical gears with involute external or internal teeth. It includes formulae for all influences on surface durability for which quantitative assessments can be made. It applies primarily to oil-lubricated transmissions, but can also be used to obtain approximate values for (slow-running) grease-lubricated transmissions, as long as sufficient lubricant is present in the mesh at all times.

The given formulae are valid for cylindrical gears with tooth profiles in accordance with the basic rack standardized in ISO 53. They may also be used for teeth conjugate to other basic racks where the actual transverse contact ratio is less than $e_{\alpha n} = 2,5$. The results are in good agreement with other methods for the range, as indicated in the scope of ISO 6336-1.

These formulae cannot be directly applied for the assessment of types of gear tooth surface damage such as plastic yielding, scratching, scuffing or any other than that described in Clause 4.

The load capacity determined by way of the permissible contact stress is called the “surface load capacity” or “surface durability”.

Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.