

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 21.200 **Srpen 2014**

Výpočet únosnosti čelních ozubených kol s přímými a šikmými zuby - Část 3: Výpočet pevnosti v ohybu zubu

ČSN
ISO 6336-3
01 4687

Calculation of load capacity of spur and helical gears -
Part 3: Calculation of tooth bending strength

Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques a dentures droite et hélicoïdale -
Partie 3: Calcul de la résistance a la flexion en pied de dent

Tato norma je českou verzí mezinárodní normy ISO 6336-3:2006 včetně opravy ISO 6336-2:2006/Cor.1:2008-06. 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 6336-3:2006 including its Corrigendum 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 zpracovanou opravu ISO 6336-3:2006/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: Data 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: Ing. Jan Klíma

MEZINÁRODNÍ NORMA

Výpočet únosnosti čelních ozubených kol ISO 6336-3
s přímými a šikmými zuby – Druhé vydání
Část 3: Výpočet pevnosti v ohybu zubu 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 8

4 Zlomení zubu a faktor bezpečnosti 9

5 Základní vzorce 9

5.1 Faktor bezpečnosti pro pevnost v ohybu (bezpečnost proti ulomení zubu), S_F 9

5.2 Napětí v patě zubu, s_F 9

5.3 Přípustné ohybové napětí, s_{FP} 12

6 Faktor tvaru, Y_F 16

6.1 Obecně 16

6.2 Výpočet faktoru tvaru zubu, Y_F : Metoda B 17

6.3 Ustanovení pro určení normálního zatížení pro čelní kola s přímými zuby 21

7 Faktor koncentrace napětí, Y_S 21

7.1 Základní použití 21

7.2 Faktor koncentrace napětí, Y_S : Metoda B 22

7.3 Faktor koncentrace napětí pro ozubená kola s vruby v patě zubu 23

7.4 Faktor koncentrace napětí, Y_{ST} , relevantní k rozměrům normalizovaných referenčních zkoušených ozubených kol 23

8 Faktor úhlu sklonu, Y_b 24

8.1 Grafické hodnoty 24

8.2 Stanovení výpočtem 24

9 Faktor tloušťky věnce, Y_B 24

9.1 Grafické hodnoty 25

9.2 Stanovení výpočtem 25

10 Faktor výšky zubu Y_{DT} 26

10.1 Grafické hodnoty 26

10.2 Stanovení výpočtem 26

11 Referenční napětí v ohybu 27

11.1 Referenční napětí pro metodu A 27

Strana

11.2 Referenční napětí s hodnotami $s_{F\lim}$ a s_{FE} pro metodu B 27

12 Faktor životnosti, Y_{NT} 27

12.1 Faktor životnosti, Y_{NT} : Metoda A 28

12.2 Faktor životnosti, Y_{NT} : Metoda B 28

13 Faktor citlivosti, Y_{dTr} , a relativní faktor vrubové citlivosti, $Y_{d\text{rel}T}$ 29

13.1 Základní použití 29

13.2 Stanovení faktorů citlivosti 30

13.3 Relativní faktor vrubové citlivosti, $Y_{d\text{rel}T}$: Metoda B 30

14 Faktory povrchu, $Y_{R'}$, Y_{RT} , a relativní faktor povrchu, $Y_{R\text{rel}T}$ 36

14.1 Vliv na podmínky povrchu 36

14.2 Stanovení faktorů povrchu a relativních faktorů povrchu 37

14.3 Relativní faktor povrchu, $Y_{R\text{rel}T}$: Metoda B 37

15 Faktor rozměru Y_X 39

15.1 Faktor rozměru, Y_X : Metoda A 39

15.2 Faktor rozměru, Y_X : Metoda B 39

Příloha A (normativní) Přípustné napětí v ohybu, s_{FP} , získané, z plochých nebo rovinných leštěných zkušebních vzorků s vrubem 42

Příloha B (informativní) Pokyn pro hodnoty faktoru vlivu středního napětí, Y_M 51

Bibliografie 53

Foreword 6

Introduction 7

1 Scope 8

2 Normative references 8

3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms 8

4 Tooth breakage and safety factors 9

5 Basic formulae 9

5.1 Safety factor for bending strength (safety against tooth breakage), S_F 9

5.2 Tooth root stress, s_F 9

5.3 Permissible bending stress, s_{FP} 12

6 Form factor, Y_F 16

6.1 General 16

6.2 Calculation of the form factor, Y_F : Method B 17

6.3 Derivations of determinant normal tooth load for spur gears 21

7 Stress correction factor, Y_S 21

7.1 Basic uses 21

7.2 Stress correction factor, Y_S : Method B 22

7.3 Stress correction factor for gears with notches in fillets 23

7.4 Stress correction factor, Y_{ST} , relevant to the dimensions of the standard reference test gears 23

8 Helix angle factor, Y_b 24

8.1 Graphical value 24

8.2 Determination by calculation 24

9 Rim thickness factor, Y_B 24

9.1 Graphical values 25

9.2 Determination by calculation 25

10 Deep tooth factor, Y_{DT} 26

10.1 Graphical values 26

10.2 Determination by calculation 26

11 Reference stress for bending 27

11.1 Reference stress for Method A 27

Page

11.2 Reference stress, with values $s_{F\lim}$ and s_{FE} for Method B 27

12 Life factor, Y_{NT} 27

12.1 Life factor, Y_{NT} : Method A 28

12.2 Life factor, Y_{NT} : Method B 28

13 Sensitivity factor, Y_{dTr} , and relative notch sensitivity factor, $Y_{d\text{rel}T}$ 29

13.1 Basic uses 29

13.2 Determination of the sensitivity factors 30

13.3 Relative notch sensitivity factor, $Y_{d\text{rel}T}$: Method B 30

14 Surface factors, $Y_{R'}$, Y_{RT} , and relative surface factor, $Y_{R\text{rel}T}$ 36

14.1 Influence of surface condition 36

14.2 Determination of surface factors and relative surface factors 37

14.3 Relative surface factor, $Y_{R\text{rel}T}$: Method B 37

15 Size factor, Y_X 39

15.1 Size factor, Y_X : Method A 39

15.2 Size factor, Y_X : Method B 39

Annex A (normative) Permissible bending stress, s_{FP} , obtained from notched, flat or plain polished test pieces 42

Annex B (informative) Guide values for mean stress influence factor, Y_M 51

Bibliografie 53

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 jakémkoliv 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 rozasílají 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 6336-3 vypracovala technická komise ISO/TC 60 *Ozubení*, subkomise SC 2 *Výpočet únosnosti ozubení*.

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 6336-3 was prepared by Technical Committee ISO/TC 60, *Gears*, Subcommittee SC 2, *Gear capacity calculation*.

Toto druhé vydání zrušuje a nahrazuje první vydání (ISO 6336-2:1996), kapitoly 5 a 9, byly technicky revidovány s novou kapitolou 8, která je v novém vydání. Je také zahrnuta oprava ISO 6336-3:1996/Cor.1:1999.

ISO 6336 sestává z následujících částí se společným názvem Výpočet únosnosti čelních ozubených kol s přísmými 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: Data o pevnosti a kvalitě materiálů
- Část 6: Výpočet provozní životnosti při proměnném zatížení

Úvod

Maximální tahové napětí v patě zubu (ve směru výšky zubu), které nemá překročit dovolené napětí v ohybu daného materiálu je základem výpočtu pevnosti v ohybu zubu kola. Napětí vzniká v „tahových patních přechodech“ pracovních boků zubů. Jestliže se vytvoří trhliny iniciované zatížením, objeví se nejprve v patním přechodu, kde vzniklo tlakové napětí, tedy v „tlakových patních přechodech“ na nezatížených bocích zubů. Je-li zatížení zubů jednosměrné a zuby jsou dohodnutého tvaru, málokdy se tyto trhliny rozvinou až do poruchy. Šíření trhliny končící poruchou vychází nejčastěji z tahového patního přechodu.

Mez trvalého zatěžování zubů, zatěžovaných střídavým zatížením během každé otáčky, jako např. vložená kola, je nižší než pro trvalé jednosměrné zatěžování. Celý rozsah napětí je v takových případech více než dvojnásobkem tahového napětí v patním přechodu zatěžovaných boků. Toto se bere v úvahu při stanovování dovolených napětí (viz ISO 6336-5).

Jsou-li věnce kol tenké a části zubů přilehlé k patnímu povrchu jsou úzké (zvláště u některých kol s vnitřním ozubením), vzniká počáteční trhlinka obvykle v tlakovém patním přechodu. Jelikož v takových případech může dojít k únavovému lomu věnce, je nutno věc speciálně přezkoumat. Viz kapitolu 1.

Pro výpočet kritického napětí v patě zubu a pro stanovení řady příslušných faktorů bylo schváleno několik metod. Viz ISO 6336-1.

DŮLEŽITÉ Uživatelé této části ISO 6336 je nutné upozornit, že pokud je uvedená metoda použita pro velké úhly sklony boku zubu a velké úhly záběru, vypočtené výsledky by měly být potvrzeny na základě zkušeností podle metody A.

1 Předmět normy

This second edition cancels and replaces the first edition (ISO 6336-3:1996), Clause 5 a Clause 9 of which has been technically revised, with a new Clause 8 having been to this new edition. It also incorporates the Technical Corrigendum ISO 6336-3:1996/Cor.1:1999.

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

The maximum tensile stress at the tooth root (in the direction of the tooth height), which may not exceed the permissible bending stress for the material, is the basis for rating the bending strength of gear teeth. The stress occurs in the “tension fillets” of the working tooth flanks. If load-induced cracks are formed, the first of these often appears in the fillets where the compressive stress is generated, i.e. in the “compression fillets”, which are those of the non-working flanks. When the tooth loading is unidirectional and the teeth are of conventional shape, these cracks seldom propagate to failure. Crack propagation ending in failure is most likely to stem from cracks initiated in tension fillets.

The endurable tooth loading of teeth subjected to a reversal of loading during each revolution, such as “idler gears”, is less than the endurable unidirectional loading. The full range of stress in such circumstances is more than twice the tensile stress occurring in the root fillets of the loaded flanks. This is taken into consideration when determining permissible stresses (see ISO 6336-5).

When gear rims are thin and tooth spaces adjacent to the root surface narrow (conditions which can particularly apply to some internal gears), initial cracks commonly occur in the compression fillet. Since, in such circumstances, gear rims themselves can suffer fatigue breakage, special studies are necessary. See Clause 1.

Several methods for calculating the critical tooth root stress and evaluating some of the relevant factors have been approved. 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.

1 Scope

Tato část ISO 6336 specifikuje základní vztahy používané pro výpočet napětí v ohybu zubů evolventních čelních ozubených kol s vnitřním nebo vnitřním ozubením s přímými a šikmými zuby s tloušťkou věnce $s_R > 0,5 h_t$ pro vnější ozubení a $s_R > 1,75 m_n$ pro vnitřní ozubení. Zkušenosti s provozními vlastnostmi a typem poškození vnitřního ozubení je výskyt ohybové únavy tj. počátku lomu v patním průměru a postupující k radiálnímu povrchu. Tato část ISO 6336 nepředpokládá odpovídající ohybovou únavu. Všechna napětí zubu jsou ovlivněna zatíženími, která zahrnují výsledky převodu zatížení ozubenými koly a tak může přezkoušen určené množství.

Uvedené vzorce platí pro kola s přímými i šikmými zuby s profilem zubu v souladu se základním profilem uvedeným v normě ISO 53. Lze je použít i pro ozubení s jiným základním profilem, pokud poměrný dotyk náhradního kola e_{an} menší než 2,5.

Únosnost stanovená na základě přípustného napětí v ohybu se nazývá „pevnost v ohybu zubu“. Výsledky jsou v dobré shodě s jinými metodami, pro rozsah použití uvedený v ISO 6336-1.

This part of ISO 6336 specifies the fundamental formulae for use in tooth bending stress calculations for involute external or internal spur and helical gears with a rim thickness $s_R > 0,5 h_t$ for external gears and $s_R > 1,75 m_n$ for internal gears. In service, internal gears can experience failure modes other than tooth bending fatigue, i.e. fractures starting at the root diameter and progressing radially outward. This part of ISO 6336 does not provide adequate safety against failure modes other than tooth bending fatigue. All load influences on tooth stress are included in so far as they are the result of loads transmitted by the gears and in so far as they can be evaluated quantitatively.

The given formulae are valid for spur and helical 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 if the virtual contact ratio e_{an} is less than 2,5.

The load capacity determined on the basis of permissible bending stress is termed “tooth bending strength”. The results are in good agreement with other methods for the range, as indicated in the scope of ISO 6336-1.

Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.