

Vibrace - Vyvažování rotorů -  
Část 12: Postupy a tolerance pro rotory v pružném stavu

ČSN  
ISO 21940-12  
01 1449

Mechanical vibration - Rotor balancing -  
Part 12: Procedures and tolerances for rotors with flexible behaviour

Vibrations mécaniques - Équilibrage des rotors -  
Partie 12: Modes opératoires et tolérances pour les rotors a comportement flexible

Tato norma je českou verzí mezinárodní normy ISO 21940-12:2016. 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 21940-12:2016. It was translated by the Czech Office for Standards, Metrology and Testing. It has the same status as the official version.

Nahrazení předchozích norem

Touto normou se nahrazuje ČSN ISO 11342 (01 1409) z ledna 2000.

Národní předmluva

Změny proti předchozí normě

Přesun termínů a definicí do ISO 21940-2 a zrušení dřívější přílohy F, která je zahrnuta v části D.1.

Informace o citovaných dokumentech

ISO 1925 zavedena v ČSN ISO 1925 (01 1401) Vibrace - Vyvažování - Slovník

ISO 2041 zavedena v ČSN ISO 2041 (01 1400) Vibrace, rázy a monitorování stavu - Slovník

ISO 21940-11 nezavedena

ISO 21940-14 zavedena v ČSN ISO 21940-14 (01 1449) Vibrace - Vyvažování rotorů - Část 14:  
Posuzování chyb vyvážení

ISO 21940-32 zavedena v ČSN ISO 21940-32 (01 1449) Vibrace - Vyvažování rotorů - Část 32:  
Zohlednění per u hřídelů a kol

Související ČSN

ČSN ISO 7919 (soubor) (01 1414) Vibrace – Hodnocení vibrační strojů na základě měření na rotujících hřídelích

ČSN ISO 10816 (soubor) (01 1412) Vibrace – Hodnocení vibrační strojů na základě měření na nerotujících částech

Upozornění na národní poznámky

Do normy byly k článkům 4.6, 8.3.4.1, 9.2.2, 9.2.4 a kapitolám A.4, B.2 a D.1 doplněny národní poznámky.

Vypracování normy

Zpracovatel: JANDÁK Praha, IČ 12494372, SVUSS Praha, spol. s r. o., Ing. Vladimír Borůvka, CSc., Ing. František Loula

Technická normalizační komise: TNK 11 Vibrace a rázy

Pracovník Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Ing. Lubomír Drápal, CSc.

MEZINÁRODNÍ NORMA

Vibrace – Vyvažování rotorů – ISO 21940-12

Část 12: Postupy a tolerance pro rotory v pružném stavu První vydání  
2016-04-01

ICS 21.120.40

Obsah

Strana

Předmluva 6

Úvod 8

**1** Předmět normy 9

**2** Citované dokumenty 9

**3** Termíny a definice 9

**4** Základy dynamiky a vyvažování rotorů v pružném stavu 9

**4.1** Obecně 9

**4.2** Rozložení nevyváženosti 10

**4.3** Tvary módů rotoru v pružném stavu 10

**4.4** Odezva rotoru v pružném stavu na nevyváženost 11

- 4.5** Cíle vyvažování rotorů v pružném stavu 12
- 4.6** Ustanovení pro vyvažovací roviny 13
- 4.7** Spojené rotory 13
- 5** Uspořádání rotorů 13
- 6** Postupy vyvažování rotorů v pružném stavu při nízkých otáčkách 15
  - 6.1** Obecně 15
  - 6.2** Volba vyvažovacích rovin 15
  - 6.3** Provozní otáčky rotoru 15
  - 6.4** Počáteční nevyváženost 15
  - 6.5** Postupy vyvažování při nízkých otáčkách 16
    - 6.5.1** Postup A - Vyvažování v jedné rovině 16
    - 6.5.2** Postup B - Vyvažování ve dvou rovinách 16
    - 6.5.3** Postup C - Vyvažování samostatných součástí před montáží 16
    - 6.5.4** Postup D - Vyvažování po úpravě počáteční nevyváženosti 16
    - 6.5.5** Postup E - Postupné vyvažování v průběhu montáže 16
    - 6.5.6** Postup F - Vyvažování v optimálních rovinách 17
- 7** Postupy vyvažování rotorů v pružném stavu při vysokých otáčkách 17
  - 7.1** Obecně 17
  - 7.2** Instalace pro vyvažování 17
  - 7.3** Postup G - Vyvažování při několika hodnotách otáček 18
    - 7.3.1** Obecně 18
    - 7.3.2** Počáteční vyvažování při nízkých otáčkách 18
    - 7.3.3** Obecný postup 18
  - 7.4** Postup H - Vyvažování při provozních otáčkách 20
  - 7.5** Postup I - Vyvažování při stanovených otáčkách 20
    - 7.5.1** Obecně 20
    - 7.5.2** Postup 20

## **8 Hodnoticí kritéria 20**

### **8.1 Výběr kritérií 20**

### **8.2 Meze vibrací na vyvažovacím stroji 21**

#### **8.2.1 Přehled 21**

#### **8.2.2 Obecně 21**

#### **8.2.3 Zvláštní případy a výjimky 21**

#### **8.2.4 Činitele ovlivňující vibrace stroje 21**

#### **8.2.5 Kritické vůle a složité soustavy strojů 22**

#### **8.2.6 Přípustné vibrace na vyvažovacím stroji 22**

### **8.3 Tolerance zbytkové nevyváženosti 23**

#### **8.3.1 Přehled 23**

#### **8.3.2 Obecně 23**

#### **8.3.3 Meze pro vyvažování při nízkých otáčkách 23**

#### **8.3.4 Meze pro vyvažování při několika hodnotách otáček 23**

## **9 Hodnoticí postupy 24**

### **9.1 Hodnoticí postupy na základě mezí vibrací 24**

#### **9.1.1 Posouzení vibrací na vysokootáčkovém vyvažovacím stroji 24**

#### **9.1.2 Posouzení vibrací na zkušebním stanovišti 24**

#### **9.1.3 Posouzení vibrací na místě provozu 24**

### **9.2 Hodnocení na základě tolerancí zbytkových nevyvážků 25**

#### **9.2.1 Obecně 25**

#### **9.2.2 Hodnocení při nízkých otáčkách 25**

#### **9.2.3 Hodnocení při několika hodnotách otáček na základě modálních nevyvážků 25**

#### **9.2.4 Hodnocení ve dvou stanovených zkušebních rovinách při provozních otáčkách 26**

### **Příloha A (informativní) Upozornění týkající se rotorů instalovaných in situ 27**

### **Příloha B (informativní) Vyvažování v optimálních rovinách – Vyvažování ve třech rovinách při nízkých otáčkách 28**

### **Příloha C (informativní) Převodní činitele 30**

**Příloha D** (informativní) Příklad výpočtu ekvivalentních zbytkových modálních nevyvážků 31

**Příloha E** (informativní) Postupy, jak určit, zda je rotor v tuhém nebo pružném stavu 34

**Příloha F** (informativní) Metoda výpočtu korekce nevyváženosti 36

Bibliografie 37



## DOKUMENT CHRÁNĚNÝ COPYRIGHTEM

© ISO 2016, Published in Switzerland

Veškerá práva vyhrazena. Není-li specifikováno jinak, nesmí být žádná část této publikace reprodukována nebo používána v jakékoliv formě nebo jakýmkoliv způsobem, elektronickým ani mechanickým, včetně pořizování fotokopíí nebo zveřejnění na internetu nebo intranetu, bez předchozího písemného svolení. O písemné svolení lze požádat buď přímo ISO na níže uvedené adrese, nebo členskou organizaci ISO v zemi žadatele.

ISO copyright office

Ch. de Blandonnet 8 · CP 401

CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland

Tel. + 41 22 749 01 11

Fax + 41 22 749 09 47

copyright@iso.org

www.iso.org

### 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 Mezinárodní elektrotechnickou komisí (IEC) ve všech záležitostech normalizace v elektrotechnice.

Postupy použité při tvorbě tohoto dokumentu a postupy určené pro jeho další udržování jsou popsány ve směrnících ISO/IEC, část 1. Zejména se má věnovat pozornost rozdílným schvalovacím kritériím potřebným pro různé druhy dokumentů ISO. Tento dokument byl vypracován v souladu s redakčními pravidly uvedenými ve směrnících ISO/IEC, část 2 (viz [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

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. Podrobnosti o jakýchkoliv patentových právech identifikovaných během přípravy tohoto dokumentu budou uvedeny v úvodu a/nebo v seznamu patentových prohlášení obdržných ISO (viz [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents)).

Jakýkoliv obchodní název použitý v tomto dokumentu se uvádí jako informace pro usnadnění práce uživatelů a neznamena schválení.

Vysvětlení významu specifických termínů a výrazů ISO, které se vztahují k posuzování shody, jakož

i informace o tom, jak ISO dodržuje principy WTO týkající se technických překážek obchodu (TBT), jsou uvedeny na tomto odkazu URL: Foreword - Supplementary information.

Za tento dokument je odpovědná komise ISO/TC 108 *Vibrace, rázy a monitorování stavu*, subkomise SC 2 *Měření a hodnocení vibrací a rázů používané u strojů, vozidel a konstrukcí*.

Toto první vydání ISO 21940-12 zrušuje a nahrazuje ISO 11342:1998, které bylo technicky revidováno. Hlavní změnou je zrušení termínů a definic, které byly převedeny do ISO 21940-2, a zrušení předchozí přílohy F, která je kopií části D.1. Zahrnuje také technickou opravu ISO 11342:1998/Cor.1:2000.

ISO 21940 sestává z těchto částí se společným názvem *Vibrace - Vyvažování rotorů*:

- *Část 11: Postupy a tolerance pro rotory v tuhém stavu*1)
- *Část 12: Postupy a tolerance pro rotory v pružném stavu*2)
- *Část 13: Kritéria a bezpečnostní opatření pro vyvažování středních a velkých rotorů in situ*3)
- *Část 14: Posuzování chyb vyvážení*4)
- *Část 21: Popis a hodnocení vyvažovacích strojů*5)
- *Část 23: Kryty a jiná ochranná opatření pro měřicí stanoviště vyvažovacích strojů*6)
- *Část 31: Náchylnost strojů ke změně vyvážení a jejich citlivost na nevyváženost*7)
- *Část 32: Zohlednění per u hřídelů a kol*8)

Následující část se připravuje:

- *Část 2: Slovník*9)

## Úvod

Cílem vyvažování jakéhokoli rotoru je dosažení uspokojivého chodu po jeho montáži in situ. „Uspokojivý chod“ v tomto případě znamená, že nevyváženost zbývající v rotoru nesmí vyvolat větší velikost vibrací, než je určitá přijatelná hodnota. V případě rotoru v pružném stavu to také znamená, že při jakýchkoli otáčkách až do maximálních provozních otáček nepřesáhne průhyb rotoru určitou přijatelnou hodnotu.

Většinu rotorů vyvažují výrobci před montáží do stroje, protože po ní může být například přístup k rotoru pouze omezený. Vyvažování je navíc často etapa, ve které je rotor schvalován zákazníkem. Zatímco je tedy cílem uspokojivý chod in situ, kvalita vyvážení rotoru se obvykle nejprve stanoví na vyvažovacím stroji. Ve většině případů se uspokojivý chod in situ posuzuje podle vibrací vyvolaných všemi možnými příčinami, zatímco u vyvažovacího stroje se berou v úvahu především účinky odpovídající frekvenci otáčení.

Tato část ISO 21940 klasifikuje rotory podle požadavků na jejich vyvážení a stanoví metody posouzení zbytkové nevyváženosti.

Tato část ISO 21940 také ukazuje, jak lze hodnotící kritéria pro použití na vyvažovacím stroji odvodit buď z vibračních mezí stanovených pro smontovaný a instalovaný stroj, nebo z mezí nevyváženosti stanovených pro daný rotor. Pro případ, že takové meze nejsou k dispozici, se v této části ISO 21940 ukazuje, jak je lze odvodit z ISO 10816 a ISO 7919, jestliže je žádoucí jejich vyjádření vibracemi, nebo z ISO 21940-11, je-li žádoucí jejich vyjádření přípustnou zbytkovou nevyvážeností. ISO 21940-11 se zabývá kvalitou vyvážení rotorů v tuhém stavu a není přímo použitelná pro rotory v pružném stavu, protože u nich může dojít k významným průhybům. Přesto jsou v této části ISO 21940 uvedeny metody umožňující přizpůsobit kritéria ISO 21940-11 rotorům v pružném stavu.

Jsou případy, kdy u jinak přijatelně vyváženého rotoru dochází k nepřijatelné úrovni vibrací in situ, způsobené rezonancemi v nosné konstrukci. V podmínkách rezonance nebo v její blízkosti mohou být u málo tlumených nosných konstrukcí i malou nevyvážeností vybudeny nadměrné vibrace. V takových případech může být praktičtější přeladění nebo změna tlumení konstrukce, než vyvažování na velmi nízkou úroveň tolerancí, která nemusí být trvale udržitelná (viz též ISO 21940-31).

## 1 Předmět normy

Tato část ISO 21940 uvádí typická uspořádání rotorů v pružném stavu podle jejich vlastností a požadavků na vyvážení, popisuje vyvažovací postupy, určuje metody posuzování konečného stavu vyvážení a uvádí vodítka pro kritéria kvality vyvážení.

Tato část ISO 21940 může také sloužit jako základ pro složitější zkoumání, např. když je nutné přesnější určení požadované kvality vyvážení. Jestliže se patřičně respektují stanovené výrobní metody a tolerance vyvážení, lze očekávat uspokojivé provozní podmínky.

Tato část ISO 21940 není určena k tomu, aby sloužila jako přijímací specifikace pro jakýkoli rotor, ale spíše aby dávala návod, jak se vyhnout hrubým omylům a zbytečně omezujícím požadavkům.

Případy rezonancí konstrukcí a jejich úprav nejsou předmětem této části ISO 21940.

Uváděné metody a kritéria jsou výsledkem zkušeností získaných z provozu běžných průmyslových strojů. Nemusí být přímo použitelné u speciálních zařízení nebo za zvláštních okolností. Proto se mohou vyskytnout případy, kdy se lze od této části ISO 21940 odchýlit.

Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.