



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



STUDIJNÍ TEXTY

profesní kvalifikace

KONTROLOR STROJÍRENSKÝCH VÝROBKŮ

23 - 006 - E

ANOTACE

Studijní texty byly vytvořeny v rámci projektu „Odborné, kariérové a polytechnické vzdělávání v MSK II, reg. č. CZ.02.3.68/0.0/0.0/19_078/0019613“, klíčové aktivity o5b Centra profesní přípravy.

Cílem této aktivity je větší propojení vyučovacích postupů ve školách s praktickými potřebami zaměstnavatelů, resp. moderními technologickými postupy, které jsou ve firmách aktuálně využívány a úprava ŠVP tak, aby výuka vedla k získání profese, nikoliv pouhému absolvování oboru. Navazující součástí je také skloubení vzdělávání (ŠVP) s profesními standardy Národní soustavy kvalifikací (NSK).

Profesní kvalifikace Kontrolor strojírenských výrobků (kód:23-006-E) je integrovaná do úplné profesní kvalifikace Strojní mechanik (kód:23-51-H/01).

Tento projekt je spolufinancován z Operačního programu – Výzkum, věda a vzdělávání.

OBSAH

1	BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI (BOZP)	8
1.1	Základní povinnosti účastníka vzdělávání při dodržování předpisů BOZP a PO	8
1.2	Požární ochrana.....	9
1.3	Bezpečnostní předpisy o zacházení s elektrickým zařízením	9
1.3.1	Obsluha a práce s elektrickým zařízením	10
1.3.2	Činnost a pobyt osob v blízkosti elektrického zařízení.....	11
1.3.3	První pomoc při úrazech elektrickým proudem.....	12
1.4	Telefonní čísla tísňových volání:	12
2	KONTROLA KOMPLEXNOSTI A FUNKČNOSTI STROJÍRENSKÝCH VÝROBKŮ DLE DOKUMENTACE.....	13
2.1	Všeobecné tolerance	13
2.1.1	Předepisování na výkresech	13
2.1.2	ČSN ISO 2768 -1 - Všeobecné tolerance – Nepředepsané mezní úchyly	13
2.1.3	Posuzování správnosti výrobku.....	15
2.2	Lícování	15
2.2.1	Soustava tolerancí uložení, lícovací soustavy	16
2.2.2	Toleranční pole.....	17
2.2.3	Toleranční značka	17
2.2.4	Druhy uložení	18
2.2.5	Lícovací soustavy.....	20
2.2.6	Volba lícování	21
2.2.7	Příklady	21
2.3	Geometrické tolerance	24
2.3.1	Předepisování geometrických tolerancí na výkresech.....	24
2.3.2	ČSN ISO 2768 -2 - Všeobecné tolerance – Nepředepsané mezní úchyly	24
2.4	Předepisování úpravy povrchu a tepelného zpracování	25
2.4.1	Předepisování úpravy povrchu	25
2.4.2	Předepisování tepelného zpracování	25
2.5	Struktura povrchu	26
2.5.1	Předepisování struktury povrchu.....	26
3	MĚŘENÍ A KONTROLA DÉLKOVÝCH ROZMĚRŮ, GEOMETRICKÝCH TVARŮ, VZÁJEMNÉ POLOHY PRVKŮ A JAKOSTI POVRCHU	27
3.1	Základy měření ve strojírenské výrobě	27

3.1.1	Základní rozdělení měřidel podle kategorizace měřidel	27
3.2	Etapy měření	28
3.2.1	Příprava měření.....	28
3.2.2	Vlastní měření	28
3.2.3	Vyhodnocení měření	28
3.3	Všeobecné zásady správného měření	29
3.4	Volba měřidla a měřicí metody	30
3.4.1	Měřicí metody.....	30
3.4.2	Měřidla.....	31
3.5	Měřidla přímá.....	31
3.5.1	Posuvná měřidla analogová.....	31
3.5.2	Posuvná měřidla digitální	32
3.5.3	Mikrometrická měřidla	32
3.5.4	Koncové měřky.....	33
3.6	Měřidla nepřímá (porovnávací)	34
3.6.1	Kalibry	34
3.6.2	Číselníkové úchylkoměry, pasametry	34
3.7	Délkové (souřadnicové měřicí stroje).....	35
3.8	Kontrolní operace ve výrobním procesu	36
3.9	Měření a kontrola geometrických tvarů.....	36
3.9.1	Tolerance tvaru	37
3.9.2	Tolerance směru.....	39
3.9.3	Tolerance polohy.....	40
3.9.4	Tolerance házení	41
3.10	Chyby měření a jejich příčiny	43
3.10.1	Systematické chyby	43
3.10.2	Chyby náhodné	44
3.10.3	Chyby hrubé	44
3.10.4	Skutečné chyby	44
3.11	Nejistoty měření.....	44
3.11.1	Zdroje nejistot	45
3.11.2	Udávání nejistot	46
3.12	Dodržování jakosti opracovaných ploch.....	46

3.13	Měřidla drsnosti	47
3.13.1	Vzorkovnice drsnosti	47
3.13.2	Elektronické dotykové měřicí přístroje	47
3.13.3	Metody kontroly struktury povrchu.....	47
3.13.4	Metodika měření.....	49
4	POSUZOVÁNÍ MATERIÁLOVÝCH VAD KOVOVÝCH A NEKOVOVÝCH MATERIÁLŮ.....	50
4.1	Vady materiálů a výrobků	50
4.1.1	Rozdělení vad	50
4.1.2	Vady vznikající při obrábění	50
4.1.3	Používané metody detekce vad	52
4.2	Katalog vad.....	53

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název školy	Střední škola technická, Opava, Kolofíkovo nábřeží 51, příspěvková organizace
Adresa školy	Kolofíkovo nábřeží 1062/51, 747 05 Opava 5
Zřizovatel školy	Moravskoslezský kraj, ul. 28. října 117, 702 18 Ostrava
Název profesní kvalifikace	23-006-E Kontrolor strojírenských výrobků
Vstupní požadavky na uchazeče	Pracovníci v oblasti třískového obrábění a neúspěšní studenti u maturitní zkoušky strojírenských oborů
Podmínky zdravotní způsobilosti uchazeče	Lékařské potvrzení není vyžadováno
Forma studia	Dálková
Délka studia	144 hodin
Způsob ukončení	Zkouška dle Zákona č. 179/2006 Sb., o ověřování a uznávání výsledků dalšího vzdělávání
Získaná kvalifikace	23-006-E Kontrolor strojírenských výrobků
Certifikát	Osvědčení o získání profesní kvalifikace

UČEBNÍ PLÁN PROFESNÍ KVALIFIKACE

Odborné způsobilosti		Hodinové dotace			Způsob ověřování
		Teorie	Praxe	Samo- studium	
1.	Kontrola kompletnosti a funkčnosti strojírenských výrobků dle dokumentace	4	0	2	Praktické předvedení a ústní ověření
2.	Měření a kontrola délkových rozměrů, geometrických tvarů, vzájemné polohy prvků a jakosti povrchu	6	16	2	Praktické předvedení a ústní ověření
3.	Vyhotovování záznamu a vystavování osvědčení o výsledcích kontrol strojírenských výrobků	2	4	0	Praktické předvedení a ústní ověření
4.	Posuzování materiálních vad kovových a nekovových materiálů	2	2	0	Praktické předvedení a ústní ověření
CELKEM		14	22	4	Σ 40

1 BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI (BOZP)

Požadavky na zajištění BOZP jsou definovány v celé řadě právních a ostatních předpisů k zajištění BOZP (které to jsou definuje ustanovení § 349 odst. 1 zákoníku práce). Jedná se o více než 80 právních předpisů, stovky technických norem a dalších ostatních předpisů k zajištění BOZP (návody k použití atd.). Nejpodstatnějšími právními předpisy jsou:

- zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů
- zákon č. 309/2006 Sb., zákon o zajištění dalších podmínek BOZP, ve znění pozdějších předpisů
- zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů
- zákon č. 373/2011 Sb., o specifických zdravotních službách, ve znění pozdějších předpisů
- nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů
- nařízení vlády č. 101/2005 Sb., o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí
- vyhláška č. 79/2013 Sb., o pracovně lékařských službách a některých druzích posudkové péče

1.1 Základní povinnosti účastníka vzdělávání při dodržování předpisů BOZP a PO

Každý účastník vzdělávání je povinen dodržovat veškeré předpisy vztahující se k vykonávané práci, které jsou stanoveny pracovními postupy a předpisy k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a dále předpisy vztahujícími se k zajištění požární ochrany.

Každý účastník stáže je povinen:

- dbát podle svých možností o svou vlastní bezpečnost, o své zdraví i o bezpečnost a zdraví fyzických osob, kterých se bezprostředně dotýká jeho jednání, případně opomenutí při práci
- dodržovat právní a ostatní předpisy a pokyny zaměstnavatele k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, s nimiž byl řádně seznámen, a řídit se zásadami bezpečného chování na pracovišti a informacemi zaměstnavatele
- dodržovat při práci stanovené pracovní postupy, používat stanovené pracovní prostředky, dopravní prostředky, osobní ochranné pracovní prostředky a ochranná zařízení a svévolně je neměnit a nevyřazovat z provozu
- nepožívat alkoholické nápoje a nezneužívat jiné návykové látky na pracovištích zaměstnavatele a v pracovní době i mimo tato pracoviště, nevstupovat pod jejich vlivem na pracoviště zaměstnavatele a nekouřit na pracovištích a v jiných prostorách, kde jsou účinkům kouření vystaveni také nekuřáci, podrobit se na pokyn oprávněného vedoucího zaměstnance písemně určeného zaměstnavatelem zjištění, zda není pod vlivem alkoholu nebo jiných návykových látek
- oznamovat svému nadřízenému zaměstnanci nedostatky a závady na pracovišti, které ohrožují nebo by bezprostředně a závažným způsobem mohly ohrozit bezpečnost nebo zdraví zaměstnanců při práci, zejména hrozící vznik mimořádné události nebo

nedostatky organizačních opatření, závady nebo poruchy technických zařízení a ochranných systémů určených k jejich zamezení

- bezodkladně oznamovat svému nadřízenému vedoucímu zaměstnanci svůj pracovní úraz, pokud mu to jeho zdravotní stav dovolí, a pracovní úraz jiného zaměstnance, popřípadě úraz jiné fyzické osoby, jehož byl svědkem, a spolupracovat při objasňování jeho příčin

1.2 Požární ochrana

Základní povinnosti všech zaměstnanců a osob v obdobném pracovně právním vztahu:

- počínat si tak, aby svým jednáním nezavdali příčinu ke vzniku požáru a tím neohrozili život i zdraví osob, zvířat a majetku; zejména při používání tepelných, elektrických, plynových a jiných spotřebičů a zařízení, při skladování, manipulaci nebo používání hořlavých či požárně nebezpečných látek a při manipulaci s otevřeným ohněm
- plnit příkazy a dodržovat zákazy zajišťující požární bezpečnost na vyznačených nebo požárně nebezpečných místech
- nepoškozovat a udržovat v použitelném stavu věcné prostředky PO a požárně bezpečnostní zařízení
- znát rozmístění věcných prostředků PO a požárně bezpečnostních zařízení na pracovišti a znát způsob jejich použití
- při zpozorování požáru se jej snažit uhasit všemi dostupnými prostředky a není-li to možné, bezodkladně provést opatření k zamezení šíření požáru, ohlásit požár hasičskému záchrannému sboru (tel. 150) a vedoucímu zaměstnanci a vyhlásit požární poplach (voláním „HOŘÍ“)
- po vzniku požáru se řídit pokyny zaměstnance, který organizuje likvidaci požáru (popř. evakuaci) a po příjezdu zásahových jednotek PO se řídit pokyny velitele zásahu
- při zdolávání požáru, živelných pohrom a jiných mimořádných událostí poskytovat přiměřenou osobní a věcnou pomoc (nevystaví-li vážnému nebezpečí sebe nebo osoby blízké anebo nebrání-li jim v tom důležitá okolnost)
- oznamovat svému nadřízenému zaměstnanci závady a nedostatky, které by mohly ohrozit požární bezpečnost a podle svých sil a možností se podílet na jejich odstraňování
- ohlásit svému nadřízenému zaměstnanci každý požár i takový, který sami uhasí
- při obsluze elektrických vařičů, topidel, strojů a zařízení dbát návodu výrobce, platných předpisů o PO, se kterými byli seznámeni
- před opuštěním pracoviště učinit taková opatření, aby nedošlo ke vzniku požáru, havarijního stavu nebo ohrožení majetku

1.3 Bezpečnostní předpisy o zacházení s elektrickým zařízením

Vyhláška č. 50/1978 Sb. stanoví stupně odborné způsobilosti pracovníků, kteří se zabývají obsluhou elektrických zařízení nebo prací na nich.

Za elektrická zařízení se pro účely této vyhlášky považují zařízení, u nichž může dojít k ohrožení života, zdraví nebo majetku elektrickým proudem, a zařízení určená k ochraně před účinky atmosférické nebo statické elektřiny.

§ 3

Pracovníci seznámení

(1) Pracovníci seznámení jsou ti, kteří byli organizací v rozsahu své činnosti seznámeni s předpisy o zacházení s elektrickými zařízeními a upozorněni na možné ohrožení těmito zařízeními.

(2) Seznámení a upozornění podle odstavce 1 provede organizací pověřený pracovník s kvalifikací odpovídající charakteru činnosti a pořídí o tom zápis, který podepíše spolu s pracovníky seznámenými.

§ 4

Pracovníci poučení

(1) Pracovníci poučení jsou ti, kteří byli organizací v rozsahu své činnosti seznámeni s předpisy pro činnost na elektrických zařízeních, školeni v této činnosti, upozorněni na možné ohrožení elektrickými zařízeními a seznámeni s poskytováním první pomoci při úrazech elektrickým proudem.

(2) Organizace je povinna stanovit obsah seznámení a dobu školení s ohledem na charakter a rozsah činnosti, kterou mají pracovníci uvedení v odstavci 1 vykonávat, a zajistit ověřování znalostí těchto pracovníků ve lhůtách, které předem určí.

(3) Seznámení, školení, upozornění a ověření znalostí podle odstavců 1 a 2 provede pro obsluhu elektrických zařízení organizací pověřený pracovník s kvalifikací odpovídající charakteru činnosti, a půjde-li o práci na elektrických zařízeních, pracovník s některou z kvalifikací uvedených v § 5 až 9; pořídí o tom zápis, který podepíše spolu s pracovníky poučenými.

1.3.1 Obsluha a práce s elektrickým zařízením

- a) Osoby bez elektrotechnické kvalifikace mohou obsluhovat jen jednoduchá el. zařízení nízkého a vysokého napětí, tak, že obsluha nemůže dojít do styku s částmi pod napětím. Mohou zapínat a vypínat jednoduchá elektrická zařízení, za vypnutého stavu elektrického zařízení mohou přemísťovat a prodlužovat pohyblivé přívody spojovacími šňůrami opatřenými příslušnými spojovacími částmi (pohyblivé zásuvky a vidlice).
- b) Na zařízeních pod napětím tyto pracovníci pracovat nesmějí, pokud se nejedná o zdroje napětí s bezpečným napětím - podle daného prostoru nebo s bezpečným proudem.
- c) Osoby bez elektrotechnické kvalifikace smějí vykonávat udržovací práce (čištění, mazání, běžné prohlídky bez rozebírání pomocí nástrojů apod.), ale vždy jen při vypnutém stavu elektrického zařízení a podle návodu výrobce.
- d) Zasahování do elektrického zařízení může způsobit úraz elektrickým proudem, požár, výbuch, a proto je zakázáno.
- e) Před přemísťováním nebo pojížděním pracovních strojů nebo spotřebičů, připojených na elektrickou síť pohyblivým přívodem s vidlicí, musí se provést bezpečné odpojení od sítě vytažením vidlice ze zásuvky (aby nemohlo dojít k přerušení nebo vytržení připojených vodičů). Tento požadavek se nevztahuje na taková zařízení, která jsou

k tomu účelu zvlášť konstruována a uzpůsobena, např. svítidla, některé spotřebiče pro domácnost, ruční elektromechanické nářadí apod.

- f) Při obsluze elektrického zařízení musí obsluhující dbát příslušných návodů a instrukcí a místních provozních předpisů k jeho používání, jakož i na to, aby zařízení nebylo nadměrně přetěžováno nebo jinak poškozováno.
- g) Zjistí-li se při obsluze závada na zařízení (např. poškození izolace, zápach po spálenině, kouř, neobvykle hlučný nebo nárazový chod elektrického zařízení, silné bručení, trhavý rozběh, nadměrné oteplení některé části elektrického zařízení, jiskření, brnění od elektrického proudu), musí se elektrické zařízení ihned vypnout a závada ohlásit údržbáři elektrického zařízení nebo vedoucímu pracovníkovi.
- h) Poškozená elektrická zařízení se nesmějí používat.
- i) Při zjištění výskytu statické elektřiny u elektrických i neelektrických zařízení, projevující se např. elektrickými jiskrami, sršením nebo výbojem mezi částmi zařízení nebo mezi pracujícím a zařízením, nutno na tento jev upozornit provozního elektrikáře nebo vedoucího pracovníka.

1.3.2 Činnost a pobyt osob v blízkosti elektrického zařízení

- a) Osoby bez elektrotechnické kvalifikace, které se pohybují nebo pobývají u v blízkosti elektrického zařízení, nesmějí se žádnou částí těla, zvednutou nebo předpaženou paží, ani oděvem nebo předmětem, kterého při práci používají (stroje, mechanismy, nářadí) přiblížit k nekrytým živým částem elektrického zařízení pod napětím blíže, než je uvedeno v předpise.
- b) Při pracích nebo pobytu v blízkosti elektrického zařízení do 1 kV (např. při stavbách) musí pracující dbát, aby se nepřiblížil k nekrytým živým částem elektrického zařízení pod napětím blíže než 1 m. Předpokládá-li se, že nekryté živé části el. zařízení pod napětím budou tak blízko pracujícího (pracovního místa), že nelze uvedenému požadavku vyhovět, musí se příslušné části elektrického zařízení vypnout a zajistit.
- c) Při pracích nebo pobytu v blízkosti el. zařízení vysokého napětí (vn) nad 1 kV a velmi vysokého napětí (vvn) se nesmějí osoby bez elektrotechnické kvalifikace přiblížit tělem (zvednutou nebo předpaženou paží), ani předmětem k nekrytým živým částem el. zařízení pod napětím (např. vodiče venkovního vedení) blíže než na vzdálenost:
 - 100 cm - pro jmenovité napětí do 1 kV
 - 200 cm – pro jmenovité napětí nad 1 kV do 35 kV včetně
 - 300 cm – pro jmenovité napětí nad 35 kV do 110 kV včetně
 - 400 cm – pro jmenovité napětí nad 110 kV do 225 kV včetně
 - 500 cm – pro jmenovité napětí nad 220 kV do 400 kV včetně
- d) Předpokládá-li se, že nekryté živé části elektrického zařízení pod napětím vn nebo vvn budou tak blízko pracujícího, že nelze uvedené vzdálenosti dodržet, musí se zařízení vypnout a zajistit, nebo tyto části zařízení opatřit zábranami. Vypnutí a zajištění pracoviště (příp. montáž zábran) provede oprávněný pracovník provozovatele elektrického zařízení.

1.3.3 První pomoc při úrazech elektrickým proudem

Prochází-li lidským tělem elektrický proud, má na lidské tělo tepelné a fyziologické účinky. Dosáhne-li proud určité velikosti a trvá-li jeho účinek delší dobu než zlomek vteřiny, způsobí poškození lidské tkáně nebo celého orgánu těla, popřípadě rozklad krve, podle toho, jaké napětí a jaký kmitočet má proud procházející tělem.

Proud vysokého napětí se projeví hlavně elektrickým obloukem po povrchu těla a nebo v místech dotyku a způsobí popálení druhého nebo třetího stupně.

Proud nízkého napětí stejnosměrného působí hlavně rozklad krve. Střídavý proud nízkého napětí způsobuje křeč svalů na ruku, takže se postižený nemůže sám uvolnit ze sevření. Nejhorší případ nastane, prochází-li proud srdeční krajinou. Srdce se buď v křeči zastaví a nebo upadne do chvění tzv. fibrilace. V obou případech se zastaví krevní oběh, krev se neokysličuje, šedá mozková kůra zvadne a postižený upadá do hlubokého bezvědomí a při delší době dochází k odumření mozkové tkáně a následně k smrti. Spáleniny vysokým napětím jsou nebezpečné tím, že ze spálené tkáně se do krevního oběhu uvolní myoglobin a ten při průchodu ledvinami rozrušuje jejich tkáň tak, že ledviny přestávají pracovat a dochází k celkové otravě organismu.

Při první pomoci člověku postiženému úrazem elektrickým proudem musíme jednat rychle, ale s rozmyslem a neukvapeně. Při záchraně je nutné dodržet tento postup:

- a) Vyprostíme postiženého z dosahu proudu nebo přerušíme jakýmkoli spolehlivým způsobem proud procházející jeho tělem. U vysokého napětí věnujeme největší péči urychlenému vypnutí proudu.
- b) Jestliže postižený nedýchá, zavedeme ihned umělé dýchání z plic do plic.
- c) Jestliže jeho srdeční tep není hmatatelný, doplníme umělé dýchání ihned nepřímou masáží srdce. Přivoláme, nebo dáme přivolat lékaře.
- d) Uvědomíme o nehodě příslušného vedoucího pracoviště.

1.4 Telefonní čísla tísňových volání:

- | | |
|--------------------------------|-----|
| ○ Integrovaný záchranný systém | 112 |
| ○ Policie ČR | 158 |
| ○ Městská policie | 156 |
| ○ Rychlá lékařská pomoc | 155 |
| ○ Hasiči | 150 |

2 KONTROLA KOMPLEXNOSTI A FUNKČNOSTI STROJÍRENSKÝCH VÝROBKŮ DLE DOKUMENTACE


2.1 Všeobecné tolerance

Výkresem předepsané rozměry jsou ve skutečnosti pouze teoretické. Při výrobě součástí vznikají nepřesnosti způsobené zvolenou technologií výroby, vlastním procesem výroby a lidským faktorem. Skutečný rozměr součásti se od ideálního odlišuje v určitých mezích. Všechny rozměry, které nejsou na výkrese konkrétně tolerovány, musí zůstat v určitých mezích.

2.1.1 Předepisování na výkresech

Pokud se mají uplatnit všeobecné mezní úchytky rozměrů podle ISO 2768, musí být v popisovém poli nebo v jeho blízkosti uvedena informace:

- ISO 2768
- třída přesnosti podle ISO 2768

MATERIÁL:								
POLOTOVAR:								
PROMĚTÁNÍ:  [ISO E]								
TOLEROVÁNÍ PODLE ISO 8015: A N O								
PŘESNOST ISO 2768 - m K			INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS		
NAVRHL	Podpis	Datum	STATIK	Podpis	Datum	HMOTNOST	MĚŘÍTKO	
KRESLIL		7. 11. 2012	NORM. REF.			kg	Č. SVITKU	
SKUPINÁŘ			PŘEZK.			SESTAVA	KUSOVNIK	
TECHNOL.			SCHVÁLIL			STARÝ V.		
				NÁZEV				TYP:
				ČÍSLO VÝKRESU				POLOŽKA:

Obr. 1: Popisové pole

2.1.2 ČSN ISO 2768 -1 - Všeobecné tolerance – Nepředepsané mezní úchytky

Mezní úchytky netolerovaných rozměrů:

- Všechny rozměry, které nejsou na strojnických výkresech tolerovány, musí být dodrženy při výrobě v určitých mezích.
- Norma ČSN ISO 2768-1 stanovuje všeobecné tolerance neboli nepředepsané mezní úchytky.
- Norma stanovuje čtyři třídy přesnosti:
 - jemná má označení – f (fine)
 - střední má značení – m (middle)
 - hrubá má označení – c (coarse)
 - velmi hrubá je značená – v (very coarse)
- Třída přesnosti je předepsána v popisovém poli (příklad ISO 2768 – m).

Tab. 1: Nepředepsané mezní úchytky délkových rozměrů

Třída přesnosti		Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů [mm]							
Označení	Název	0,5 ¹	přes 3	přes 6	přes 30	přes 120	přes 400	přes 1000	přes 2000
		do 3	do 6	do 30	do 120	do 400	do 1000	do 2000	do 4000
f	jemná	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	---
m	střední	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	hrubá	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	velmi hrubá	---	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

Tab. 2: Nepředepsané mezní úchytky zkosení a zaoblení hran

Třída přesnosti		Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů [mm]		
Označení	Název	0,5 ¹ do 3	přes 3 do 6	přes 6
f	jemná	± 0,2	± 0,5	± 1
m	střední			
c	hrubá	± 0,4	± 1	± 2
v	velmi hrubá			

Tab. 3: Nepředepsané mezní úchytky úhlových rozměrů

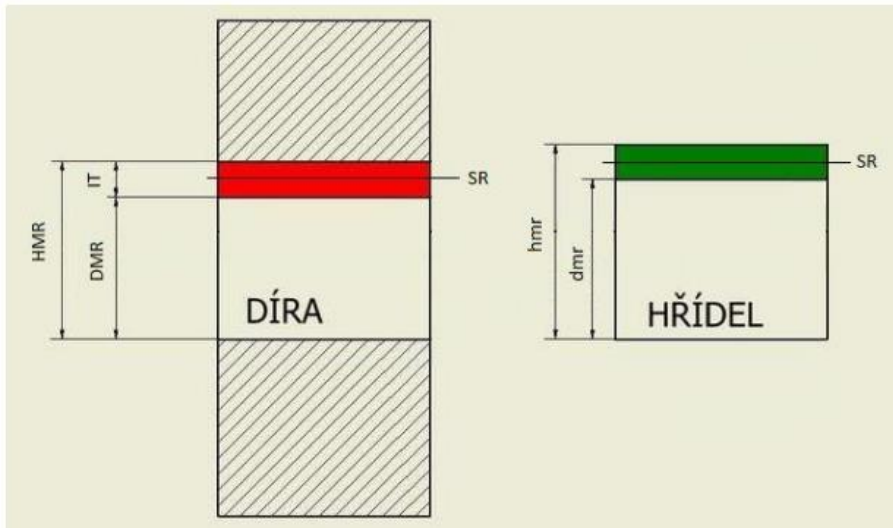
Třída přesnosti		Mezní úchytky úhlu pro rozsah délek kratšího ramene [mm]				
Označení	Název	do 10	přes 10 do 50	přes 50 do 120	přes 120 do 400	přes 400
f	jemná	± 1°	± 0° 30'	± 0° 20'	± 0° 10'	± 0° 5'
m	střední					
c	hrubá	± 1° 30'	± 1°	± 0° 30'	± 0° 15'	± 0° 10'
v	velmi hrubá	± 3°	± 2°	± 1°	± 0° 30'	± 0° 20'

2.1.3 Posuzování správnosti výrobku

Posuzování správnosti výrobku:

- Je-li skutečný rozměr součásti menší než její horní mezní rozměr a větší než dolní mezní rozměr, pak má součást správný rozměr:
 - u hřídele $hmr > SR > dmr$
 - u díry $HMR > SR > DMR$

Neplatí-li uvedená podmínka, jedná se o neshodný kus.



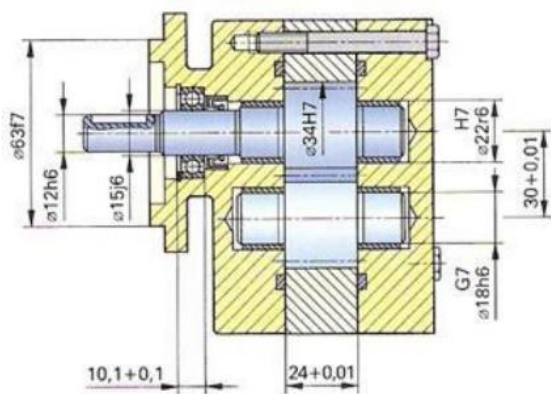
Obr. 2: Poloha skutečného rozměru

- Jestliže u hřídele je skutečný rozměr větší než horní mezní rozměr, pak se jedná o neshodný kus opravitelný ($SR > hmr$).
- Je-li u hřídele skutečný rozměr menší než dolní mezní rozměr, potom je součást neshodným kusem neopravitelným ($SR < dmr$).
- Jestliže u díry je skutečný rozměr větší než horní mezní rozměr, pak se jedná o neshodný kus neopravitelný ($SR > HMR$).
- Je-li u díry je skutečný rozměr menší než dolní mezní rozměr, potom je součást neshodným kusem opravitelným ($SR < DMR$).

Není-li uvedeno jinak, nevyřazují se automaticky výrobky přesahující všeobecné mezní úchytky rozměrů, pokud není narušena jejich funkce.

2.2 Lícování

Díly sestav a strojů musí být nezávisle na výrobcí zaměnitelné, jsou-li vyrobeny podle stejné dokumentace. Jejich rozměry se mohou od požadovaných rozměrů proto lišit jen velmi málo. Přípustné odchylky od předepsaných rozměrů jsou určeny předepsanými tolerancemi.



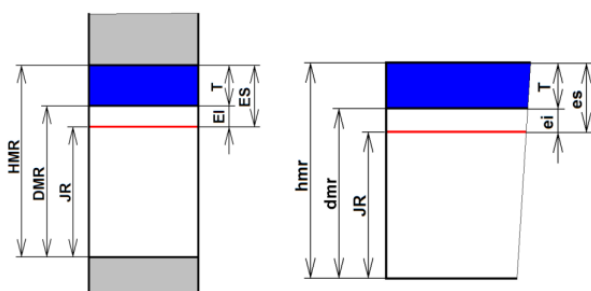
Obr. 3: Údaje tolerancí a lícování na strojírenském výkrese

2.2.1 Soustava tolerancí uložení, lícovací soustavy

Soustavu tolerancí uložení řeší ČSN EN 20286-1 Soustava tolerancí a uložení ISO - Část 1: Základní ustanovení, úchytky a uložení a ČSN EN 20286-2 Soustava tolerancí a uložení ISO. Část 2: Tabulky základních tolerancí a mezních úchytek pro díry a hřídele.

Tolerováním rozměrů se stanovuje minimální a maximální velikost součásti neboli její mezní rozměry.

1.1.1 Základní pojmy



Obr. 4: Základní názvosloví

- HMR, hmr – horní mezní rozměr, maximální dovolený rozměr součásti
- DMR, dmr – dolní mezní rozměr, minimální dovolený rozměr součásti

Velkých písmen se používá při označení děr a malých písmen při označení hřídelů.

- JR – jmenovitý rozměr, je označení rozměru uvedeného na výkrese (kóta). V grafickém zobrazení odpovídá jmenovitému rozměru, tzv. nulová čára.
- T – tolerance, rozdíl mezi horním a dolním mezním rozměrem

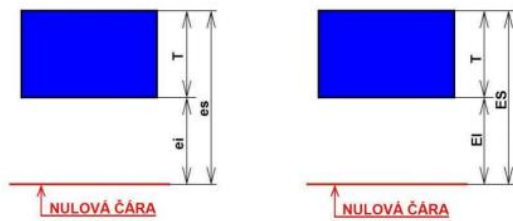
$$T = HMR (hmr) - DMR (dmr)$$
- ES, es – horní mezní odchylka, rozdíl mezi horním mezním rozměrem a jmenovitým rozměrem

$$ES (es) = HMR (hmr) - JR$$
- EI, ei – dolní mezní odchylka, rozdíl mezi dolním mezním rozměrem a jmenovitým rozměrem

$$EI (ei) = DMR (dmr) - JR$$

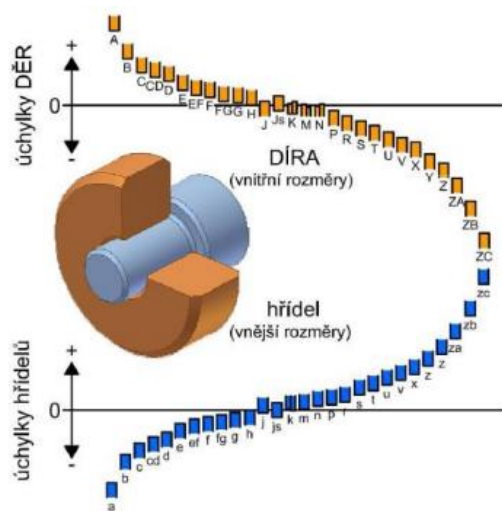
2.2.2 Toleranční pole

Toleranční pole je grafické znázornění tolerancí od nulové čáry.



Obr. 5: Toleranční pole

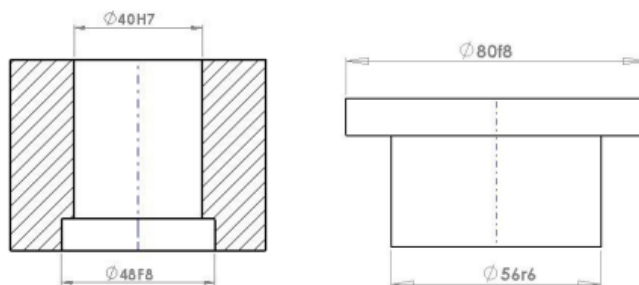
Toleranční pole může celé ležet nad nebo pod nulovou čarou, nebo po obou stranách nulové čáry.



Obr. 6: Poloha tolerančního pole

2.2.3 Toleranční značka

Standardním zápisem tolerancí vyráběných součástí na technických výkresech je použití tolerančních značek. Toleranční značka (toleranční třída) se píše za jmenovitý rozměr a určuje polohu tolerančního pole vůči nulové čáře jmenovitého rozměru. Polohu tolerančního pole doplňuje toleranční stupeň IT.



Obr. 7: Zápis tolerancí na strojírenských výkresech

Příklad toleranční značky:

∅ 40 H7

kde

40 – udává jmenovitý rozměr

H – předepisuje toleranční pole

7 – stanovuje stupeň přesnosti

Soustava tolerancí definuje 20 tolerančních stupňů:

- IT 01, 0, ... 5 jsou určeny pro vysoce přesnou výrobu měřidel
- IT 6, ..., 11 jsou určeny pro běžné technologie výroby ve strojírenství
- IT 12, ..., 18 jsou určeny při výrobě polotovarů

Na tolerančním stupni IT a jmenovitém rozměru součásti je závislá velikost tolerančního pole.

Tab. 4: Číselné hodnoty tolerancí

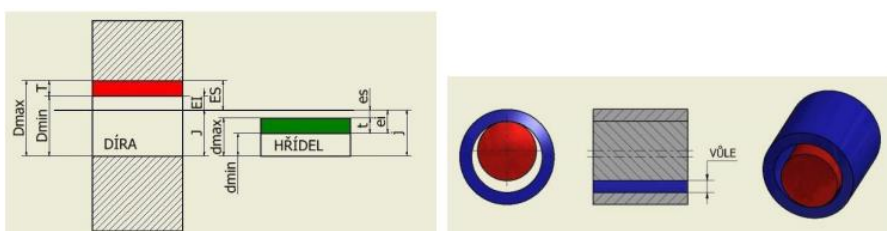
Číselné hodnoty tolerancí dle ČSN EN 20 286-1		Hodnoty v μm						
Stupeň přesnosti		IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
Rozsah rozměrů (mm)	do 3	6	10	14	25	40	60	100
	přes 3 do 6	8	12	18	30	48	75	120
	přes 6 do 10	9	15	22	36	58	90	150
	přes 10 do 18	11	18	27	43	70	110	180
	přes 18 do 30	13	21	33	52	84	130	210
	přes 30 do 50	16	25	39	62	100	160	250
	přes 50 do 80	19	30	46	74	120	190	300
	přes 80 do 120	22	35	54	87	140	220	350
	přes 120 do 180	25	40	63	100	160	250	400
	přes 180 do 250	29	46	72	115	185	290	460
	přes 250 do 315	32	52	81	130	210	320	520
	přes 315 do 400	36	57	89	140	230	360	570
přes 400 do 500	40	63	97	155	250	400	630	

2.2.4 Druhy uložení

V závislosti na poloze tolerančního pole díry a hřídele, může být hřídel uložen v díře s vůlí (volně vsunut) nebo s přesahem (nalisován).

- uložení s vůlí (hybné)

Uložení s vůlí zaručuje smontovaným součástem pohyb. Nejmenší vnitřní rozměr díry je větší než největší vnější rozměr hřídele. Patří sem také uložení, když vůle je rovna nula. Jedná se o takové uložení, kde dolní rozměr díry je totožný s horním rozměrem hřídele ($DMR = hmr$).



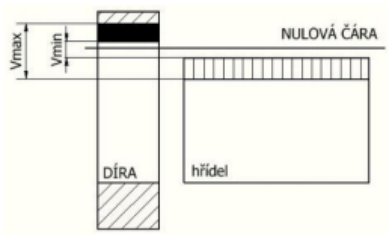
Obr. 8: Uložení s vůlí

Maximální vůle:

$$V_{\max} = HMR_d - dmr_h$$

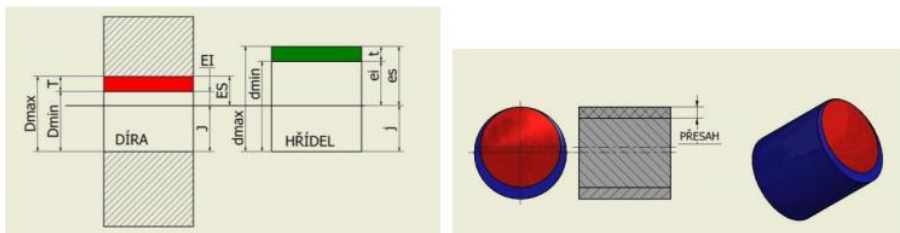
Minimální vůle:

$$V_{\min} = DMR_d - hmr_h$$



- uložení s přesahem

Toto uložení zaručuje, že hřídel je vždy větší než díra. Spojení vzniká nalisováním za tepla nebo za studena a je zde zaručen minimální přesah P_{\min} , který ve stykových plochách vytvoří třecí sílu, která zaručí nehybnost spojení.



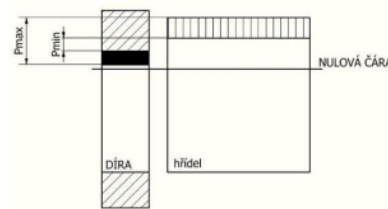
Obr. 9: Uložení s přesahem

Maximální přesah:

$$P_{\max} = hmr_h - DMR_d$$

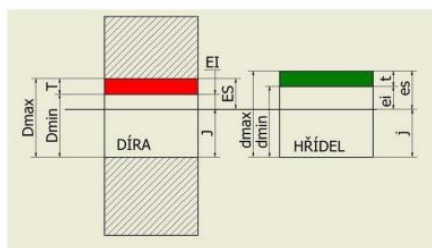
Minimální přesah:

$$P_{\min} = dmr_h - HMR_d$$



- uložení přechodné

Uložení, u něhož se může vyskytnout vůle i přesah. Toleranční pole hřídele a díry se vzájemně částečně překrývají.



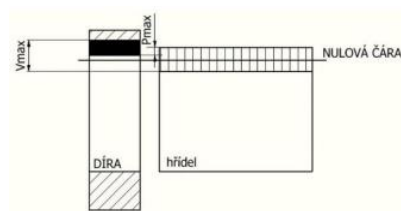
Obr. 10: Přechodné uložení

Maximální vůle:

$$V_{\max} = HMR_d - dmr_h$$

Maximální přesah:

$$P_{\max} = hmr_h - DMR_d$$

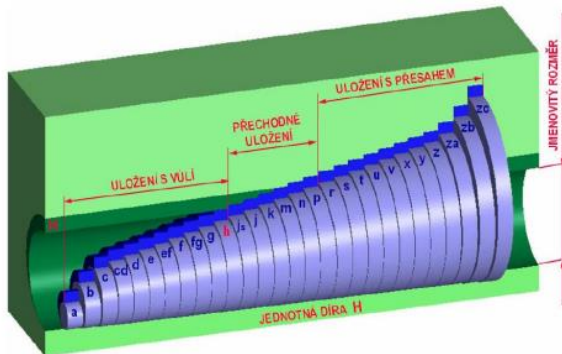


2.2.5 Lícovací soustavy

Pro udržení nízkých nákladů na výrobu a zkoušení součástí se používá pro lícování soustava jednotné díry nebo soustava jednotného hřídele.

– Soustava jednotné díry

Pro všechna uložení při daném jmenovitém průměru je díra stejná a podle druhu uložení se mění rozměr hřídele. Jednotná díra je dána polohou tolerančního pole H a má dolní odchylku rovnou nule a horní je velikost tolerance. Tolerance H leží na nulové čáře a velikost tolerance je kladná, je to vhodné jak pro výrobu díry, tak pro kontrolní měření.

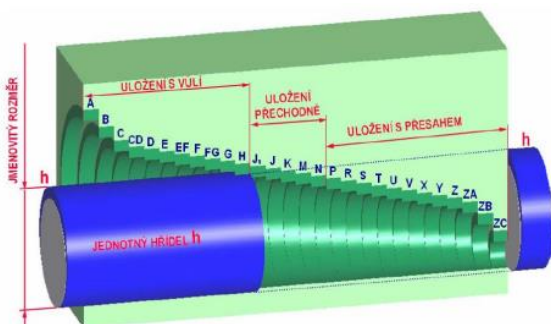


Obr. 11: Soustava jednotné díry

Uložení v soustavě jednotné díry se používají hlavně u strojů a motorových vozidel. Používají se zde díry ve velkém rozpětí průměrů. Přesné vystružování děr mnoha průměrů by bylo nákladnější (velké množství nářadí) než přesná výroba hřídelů mnoha průměrů stejnými nástroji. Nákladnější je i měření průměrů děr než měření průměrů hřídelů.

– Soustava jednotného hřídele

Pro všechna uložení při daném jmenovitém průměru je stejný hřídel a podle uložení se mění průměr díry. Jednotný hřídel je daný polohou tolerančního pole h, má horní odchylku rovnou nule, dolní odchylka je velikost tolerance, ale se záporným znaménkem.



Obr. 12: Soustava jednotného hřídele

Uložení v soustavě jednotného hřídele se používají např. u dlouhých hřídelů, které jsou při stejném průměru uloženy s vůlí v kluzných ložiskách, přechodně v ozubených kolech (perový spoj) a s přesahem v nalisovaných řemenicích.

2.2.6 Volba lícování

Každá tolerance hřídele by mohla být kombinována s kteroukoliv tolerancí díry. Pokud by konstruktéři užívali libovolně všechny kombinace pro všechny jmenovité průměry, vyžadovala by výroba velké množství nářadí a kalibrů. Proto je doporučeno používat vybraná uložení, která jsou uvedena ve strojnických tabulkách.

Tab. 5: Doporučená uložení

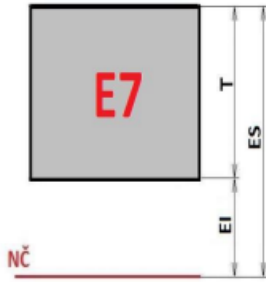
Jed- Notná díra	Základní úchytky hřídeľů																											
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	z								
H5								H5 g4	H5 h4	H5 js4	H5 k4	H5 m4	H5 n4															
H6								H6 f6	H6 g5	H6 h5	H6 js5	H6 k5	H6 m5	H6 n5	H6 p5	H6 r5	H6 s5											
H7			H7 c8	H7 d8	H7 e8	H7 f8	H7 g8	H7 h8	H7 js8	H7 k8	H7 m8	H7 n8	H7 p8	H7 r8	H7 s8	H7 t8	H7 u8	H7 v8	H7 x8	H7 z8								
H8			H8 c8	H8 d8	H8 e8	H8 f8	H8 g8	H8 h8	H8 js8	H8 k8	H8 m8	H8 n8																
			H8 d9	H8 e9	H8 f9			H8 h9																				
H9				H9 d9	H9 e9	H9 f9			H9 h9																			
H10									H10 h9	H10 h10																		
H11	H11 a11	H11 b11	H11 c11	H11 d11					H11 h11																			
H12		H12 b12							H12 h12																			
uložení	s vůlí										přechodná						s přesahem											

2.2.7 Příklady

Proveďte rozbor tolerovaného rozměru $\varnothing 32 E7$.

Řešení:

Rozsah rozměrů (mm)	Základní úchytky																					
	E						EF															
	Stupně přesnosti																					
	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8												
μm																						
od 1 do 3	+18 +14	+20 +14	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+54 +14	+14 +10	+16 +10	+20 +10	+24 +10												
přes 3 do 6	+25 +20	+28 +20	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+68 +20	+19 +14	+22 +14	+26 +14	+32 +14												
přes 6 do 10	+21 +25	+34 +25	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+83 +25	+24 +18	+27 +18	+33 +18	+40 +18												
přes 10 do 18	+40 +32	+43 +32	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+102 +32																
přes 18 do 30	+49 +40	+53 +40	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+124 +40																
přes 30 do 50	+61 +30	+66 +30	+75 +30	+89 +30	+112 +30	+150 +30																
přes 50 do 80	+73 +60	+79 +60	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+180 +60																
přes 80 do 120	+87 +72	+94 +72	+107 +72	+125 +72	+159 +72	+212 +72																
přes 120 do 180	+103 +85	+110 +85	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+245 +85																
přes 180 do 250	+120 +100	+129 +100	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+285 +100																
přes 250 do 315	+133 +110	+142 +110	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+320 +110																
přes 315 do 400	+150 +125	+161 +125	+182 +125	+214 +125	+265 +125	+355 +125																
přes 400 do 500	+162 +135	+175 +135	+198 +135	+232 +135	+290 +135	+385 +135																



$$JR = 32,000 \text{ mm}$$

$$ES = +75 \text{ } \mu\text{m} = 0,075 \text{ mm}$$

$$EI = +50 \text{ } \mu\text{m} = 0,050 \text{ mm}$$

$$HMR = JR + ES = 32,000 + 0,075 = 32,075 \text{ mm}$$

$$DMR = JR + EI = 32,000 + 0,050 = 32,050 \text{ mm}$$

$$T = HMR - DMR = 32,075 - 32,050 = 0,025 \text{ mm}$$

Proveďte rozbor tolerovaného rozměru $\varnothing 50 H9$.

Řešení:

Rozsah rozměrů (mm)	Základní úchytky												
	H												
	Stupně přesnosti												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
	μm						mm						
od 1 do 3	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+0,1 0	+0,14 0	+0,25 0	0,4 0	+0,6 0	–	–		
přes 3 do 6	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+0,12 0	+0,18 0	+0,3 0	+0,48 0	+0,75 0	+1,2 0	+1,8 0		
přes 6 do 10	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+0,15 0	+0,22 0	+0,36 0	+0,58 0	+0,9 0	+1,5 0	+2,2 0		
přes 10 do 18	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+0,18 0	+0,27 0	+0,43 0	+0,7 0	+1,1 0	+1,8 0	+2,7 0		
přes 18 do 30	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+0,21 0	+0,33 0	+0,52 0	+0,84 0	+1,3 0	+2,1 0	+3,3 0		
přes 30 do 50	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+0,25 0	+0,39 0	+0,62 0	+1 0	+1,6 0	+2,5 0	+3,9 0		
přes 50 do 80	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+0,3 0	+0,46 0	+0,74 0	+1,2 0	+1,9 0	+3 0	+4,6 0		
přes 80 do 120	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+0,35 0	+0,54 0	+0,87 0	+1,4 0	+2,2 0	+3,5 0	+5,4 0		
přes 120 do 180	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+0,4 0	0,63 0	+1 0	+1,6 0	+2,5 0	+4 0	+6,3 0		
přes 180 do 250	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+0,46 0	0,72 0	+1,15 0	+1,85 0	+2,9 0	+4,6 0	+7,2 0		
přes 250 do 315	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+0,52 0	0,81 0	1,3 0	+2,1 0	+3,2 0	+5,2 0	+8,1 0		
přes 315 do 400	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	+0,57 0	+0,89 0	+1,4 0	+2,3 0	+3,6 0	+5,7 0	+8,9 0		
přes 400 do 500	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0	+0,63 0	+0,97 0	+1,55 0	+2,5 0	+4 0	+6,3 0	+9,7 0		



$$JR = 50,000 \text{ mm}$$

$$ES = +62 \text{ } \mu\text{m} = 0,062 \text{ mm}$$

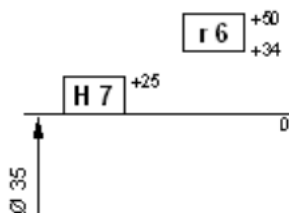
$$EI = 0 \text{ } \mu\text{m} = 0,000 \text{ mm}$$

$$HMR = JR + ES = 50,000 + 0,062 = 50,062 \text{ mm}$$

$$DMR = JR + EI = 50,000 + 0,000 = 50,000 \text{ mm}$$

$$T = HMR - DMR = 50,062 - 50,000 = 0,062 \text{ mm}$$

Určete mezní rozměry díry a hřídele, maximální a minimální vůli nebo přesah pro uložení dle obrázku.



Řešení:

uložení s přesahem

$$HMR = JR + ES = 35,000 + 0,025 = 35,025 \text{ mm}$$

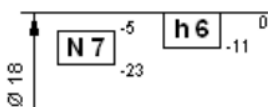
$$DMR = JR + EI = 35,000 + 0,000 = 35,000 \text{ mm}$$

$$hmr = JR + es = 35,000 + 0,050 = 35,050 \text{ mm}$$

$$dmr = JR + ei = 35,000 + 0,034 = 35,034 \text{ mm}$$

$$P_{\min} = dmr - HMR = 35,034 - 35,025 = 0,009 \text{ mm} = 9 \mu\text{m}$$

$$P_{\max} = hmr - DMR = 35,050 - 35,000 = 0,050 \text{ mm} = 50 \mu\text{m}$$



Řešení:

uložení přechodné

$$HMR = JR + ES = 18,000 + (-0,005) = 17,995 \text{ mm}$$

$$DMR = JR + EI = 18,000 + (-0,023) = 17,977 \text{ mm}$$

$$hmr = JR + es = 18,000 + 0,000 = 18,000 \text{ mm}$$

$$dmr = JR + ei = 18,000 + (-0,011) = 17,989 \text{ mm}$$

$$V_{\max} = HMR - dmr = 17,995 - 17,989 = 0,006 \text{ mm} = 6 \mu\text{m}$$

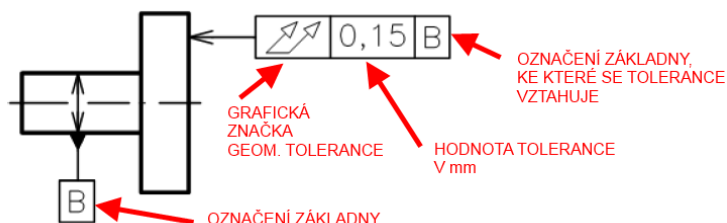
$$P_{\max} = hmr - DMR = 18,000 - 17,977 = 0,023 \text{ mm} = 23 \mu\text{m}$$

2.3 Geometrické tolerance

Na správné funkci součásti se kromě přesnosti rozměrů a struktury povrchu významně podílí také geometricky přesný tvar funkčních ploch.

Geometrické odchylky definují přípustné odchylky skutečných tvarů a poloh od tvarů a poloh teoreticky přesných.

2.3.1 Předepisování geometrických tolerancí na výkresech



Obr. 13: Předepisování geometrických tolerancí

Požadované tolerance se udávají v pravoúhlých rámečcích rozdělených na dvě nebo více polí. Jednotlivá pole obsahují:

- značku tolerance
- hodnotu tolerance v mm
- písmeno označující základní prvek nebo prvky, jedná-li se o tolerance vztažené k základním prvkům

Na výkrese nepředepsané geometrické tolerance jsou dané všeobecnými tolerancemi jednou ze tříd přesnosti:

- H nejvyšší přesnost
- K střední třída přesnosti všeobecných tolerancí
- L nejnižší přesnost

2.3.2 ČSN ISO 2768 -2 - Všeobecné tolerance – Nepředepsané mezní úchytky

Tab. 6: Všeobecné tolerance přímosti a rovinnosti

Třída přesnosti	do 10	od 10 do 30	od 30 do 100	od 100 do 300	od 300 do 1000	od 1000 do 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

Tab. 7: Všeobecné tolerance kolmosti

Třída přesnosti	do 100	od 100 do 300	od 300 do 1000	od 1000 do 3000
H	0,2	0,3	0,4	0,5
K	0,4	0,6	0,8	1
L	0,6	1	1,5	2

Tab. 8: Všeobecné tolerance souměrnosti

Třída přesnosti	do 100	od 100 do 300	od 300 do 1000	od 1000 do 3000
H	0,5	0,5	0,5	0,5
K	0,6	0,6	0,8	1
L	0,6	1	1,5	2

Tab. 9: Všeobecné tolerance kruhového házení

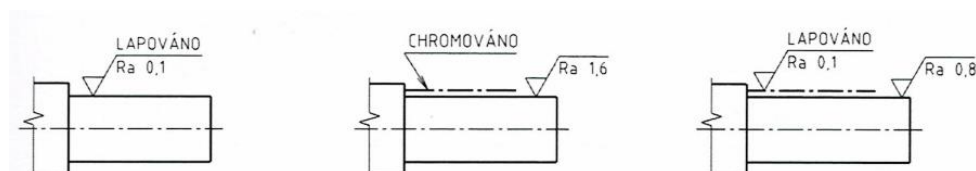
Třída přesnosti	
H	0,1
K	0,2
L	0,5

2.4 Předepisování úpravy povrchu a tepelného zpracování

Funkce součásti často vyžaduje, aby její plochy měly určité specifické vlastnosti v povrchové vrstvě nebo v celém průřezu materiálu. Toho lze dosáhnout úpravami povrchu a tepelným nebo chemickotepelným zpracováním.

2.4.1 Předepisování úpravy povrchu

Při zápisu konečné úpravy povrchu všech ploch součásti je předpis uveden v technických požadavcích nad popisovým polem, např. „ZINKOVÁNO“, „VNĚJŠÍ PLOCHY NATŘENY ZÁKLADNÍ SYNTETICKOU BARVOU S 2102“.



Obr. 13: Předepisování povrchových úprav

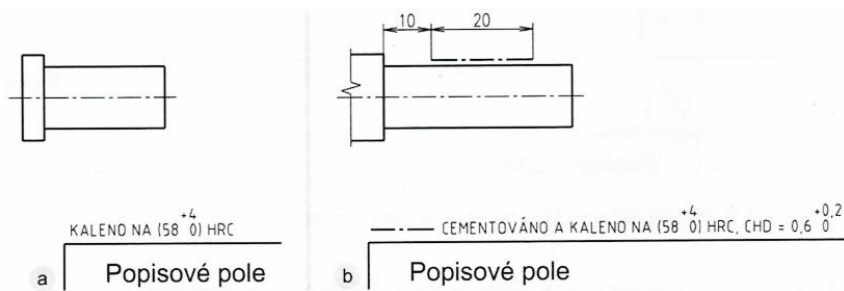
Při zápisu úpravy povrchu vybrané plochy je předepsán stav po konečné úpravě na tlustou čerchovanou čáru a stav před konečnou úpravou na povrch součásti.

2.4.2 Předepisování tepelného zpracování

Na výkrese se slovně předepisuje konečný stav po tepelném zpracování doplněný o požadovanou tvrdost, hloubku tepelně zpracované vrstvy, případně údaje o pevnosti apod.

Hloubka tepelně zpracované vrstvy se udává jako hloubka povrchově kalené vrstvy (SHD), hloubka cementované vrstvy (CHD), hloubka zakalení (FHD) nebo hloubka nitridované vrstvy (NHD)

Pokud požadujeme tepelné zpracování celé součásti, je předepsáno slovně nad popisovým polem, např. „KALENO“, „KALENO A POPUŠTĚNO“, „POVRCHOVĚ KALENO“, „ŽÍHÁNO KE SNÍŽENÍ VNITŘNÍHO PNUTÍ“, „NITRIDOVÁNO“.



Obr. 14: Předepisování tepelného zpracování

U místního tepelného zpracování jsou plochy označeny tlustou čerchovanou čarou vně obrysu součásti.

2.5 Struktura povrchu

Při výrobě strojních součástí je nutné dbát nejenom na přesnost rozměrů, ale také na vzniklé nerovnosti povrchu. Jednotlivé plochy mohou vznikat obráběním, kde nerovnosti zanechává řezný nástroj nebo zachováním původního povrchu polotovaru.

2.5.1 Předepisování struktury povrchu

Na výrobních výkresech se předepisuje struktura povrchu pomocí značky a připojených parametrů daných druhem výroby.



Obr. 15: Předepisování struktury povrchu

a) Značka pro povrch obrobený i neobrobený. Požadované vlastnosti ploch nezávisí na způsobu konečného zpracování.

b) Značka označující povrch obrobený. Požadovaných vlastností ploch dosáhneme pouze obráběním.

c) Značka označující povrch neobrobený. Značka vyjadřuje požadavek zákazu odebírání materiálu nebo povrch ponechaný ve stavu dosaženém předchozím zpracováním.

Tab. 10: Průměrné Ra pro jednotlivé metody výroby

Průměrná aritmetická úchylka profilu Ra [mm]							Typická metoda výroby povrchu
0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	Dokončovací metody (broušení, lapování apod.)
1,6	3,2	6,3	12,5				Běžné obrábění (soustružení, frézování apod.)
25	50	100	200	400			Povrch polotovarů (výkovky, odlitky apod.)

3 MĚŘENÍ A KONTROLA DÉLKOVÝCH ROZMĚRŮ, GEOMETRICKÝCH TVARŮ, VZÁJEMNÉ POLOHY PRVKŮ A JAKOSTI POVRCHU

3.1 Základy měření ve strojírenské výrobě

Nejčastějším způsobem kontroly součástí ve strojírenství je měření. Touto oblastí se zabývá vědní obor metrologie, konkrétně technická průmyslová metrologie.

Měření

- Měření je kvantitativní (číselné) zkoumání geometrických, fyzikálních a dalších vlastností předmětů (jevů, procesů), obvykle porovnáváním s obecně přijatou jednotkou. Výsledkem měření je tedy číslo, které vyjadřuje poměr zkoumané veličiny k jednotce, spolu s uvedením té jednotky.

Kontrola

- Kontrolou zjišťujeme, zda materiál nebo obrobek splňují předepsané podmínky – rozměrovou a tvarovou přesnost, kvalitu povrchu, pevnost, tvrdost atd.

Účelem technických měření je ověřit, zda výrobek má předepsané vlastnosti a cílem je stanovit hodnotu veličiny. Touto známou hodnotou měřené veličiny je její jednotka. Při kvantifikaci metrologických veličin se používá mezinárodní soustava jednotek SI.

3.1.1 Základní rozdělení měřidel podle kategorizace měřidel

- etalony
- pracovní měřidla stanovená
- pracovní měřidla nestanovená
 - pracovní měřidla podléhající periodické kalibraci
 - pracovní měřidla nepodléhající periodické kalibraci
- certifikované referenční materiály

Etalony

- primární, sekundární, mezinárodní, národní, referenční, pracovní, porovnávací

Etalony slouží k realizaci a uchování jednotky určité veličiny nebo stupnice a přenosu na měřidla nižší přesnosti. Etalony se nesmí používat k pracovním (provozním) měřením.

Pracovní měřidla stanovená

Jsou měřidla, která Ministerstvo průmyslu a obchodu stanoví vyhláškou k povinnému ověřování s ohledem na jejich význam.

Pracovní měřidla nestanovená

- pracovní měřidla podléhající periodické kalibraci

Jsou měřidla, jejichž používání má vliv na množství a jakost výroby, ochranu zdraví, bezpečnosti i životního prostředí. V oblasti strojírenství bývají tyto měřidla početně nezastupitelnější – podle oboru měření.

- pracovní měřidla nepodléhající periodické kalibraci

Jsou ostatní pracovní měřidla, která neslouží k prokazování shody, tj. nepoužívají se kontrole kvality výroby. Tyto měřidla se označují jako orientační nebo informativní a podléhají prvotní kalibraci.

Certifikované referenční materiály

Jsou materiály nebo látky přesně stanoveného složení nebo vlastností. Používají se pro kalibraci přístrojů a vyhodnocení měřících metod.

3.2 Etapy měření

Každé měření vyžaduje dokonalou přípravu před měřením, pečlivé provedení vlastního měření a správné vyhodnocení naměřených hodnot, včetně protokolu o výsledku měření.

- příprava měření
- vlastní měření
- vyhodnocení měření

3.2.1 Příprava měření

Do přípravy měření spadají tyto činnosti:

- zpracování vlastního plánu měření, ve kterém se uvede schéma měřícího zařízení, přehled všech veličin, které je třeba pro měření zjišťovat, vyznačení míst pro realizaci měření, výčet měřidel a měřících zařízení, schéma postupu měření a požadavky na trvání jeho jednotlivých fází
- příprava měřících přístrojů a zařízení
- příprava měřených vzorků a manipulace s nimi
- je nutné uvážit, jaké vnější faktory mohou ovlivnit měření, tomu je nutné podřídit umístění přístrojů, je potřeba znát i laboratorní podmínky – teplotu, tlak, vlhkost, případně rušivé magnetické pole, tepelné, světelné nebo radioaktivní pozadí

Při výběru měřících přístrojů je třeba zvážit podmínky, za nichž se bude měření provádět, jeho trvání, charakter, rozsah, charakter měřených hodnot a vlivy na ně působící, požadovanou přesnost výsledků a předpokládaný způsob vyhodnocování. Měřicí přístroje je třeba volit tak, aby nejčastěji měřené hodnoty byly mezi 50 % až 75 % měřícího rozsahu. Je vhodné volit přístroje s jasným a jednoduchým vyznačením hodnot.

3.2.2 Vlastní měření

Vlastní měření spočívá v těchto aktivitách:

- ověření funkčnosti měřících přístrojů a zařízení
- provedení předpokládaných měření

3.2.3 Vyhodnocení měření

Zpracování výsledků měření je nejobtížnější a nejdůležitější částí měření, obvykle zahrnuje tyto práce:

- statistické zpracování dat zejména v případě opakovaného měření jedné veličiny
- grafické zobrazení experimentálních charakteristik a jejich aproximace statistickými, případně dalšími metodami

- posouzení přesnosti měření a spolehlivosti výsledků
- publikace výsledků měření ve formě zprávy


Protokol o měření

Měrový protokol je důležitým dokladem, do kterého se zanášejí naměřené údaje. Může být významným průkazním dokumentem v případě poškození měřeného zařízení, proto je nutné, aby obsahoval všechny závažné údaje charakterizující průběh měření.

Měrový protokol musí obsahovat tyto údaje:

- stručné údaje o předmětu měření
- schéma zapojení měřících přístrojů s jejich seznamem, s uvedením výrobce, inventárním číslem a charakteristickými údaji nutnými pro zpracování výsledků
- datum, počátek a konec měření, údaje o teplotě, vlhkosti a barometrickém tlaku
- jména osob, která měření prováděla
- naměřené údaje

Protokoly se zpracovávají na samostatných, číslovaných a řádně evidovaných formulářích.

PROTOKOL O MĚŘENÍ			
	Střední škola technická, Opava, Kolofíkovo nábřeží 51, příspěvková organizace		Číslo protokolu:
	Datum přijetí:	Datum měření:	
Název součásti:			
Číslo výkresové dokumentace:			
Jmenovitý rozměr:			
Použitá měřidla (název, evidenční číslo):			
Podmínky měření:	Teplota	Vlhkost	Atmosférický tlak
Výsledek měření:			
Měření provedl:	Datum:	Podpis:	

TABULKA NAMĚŘENÝCH HODNOT			
Číslo kóty:	Hodnoty délkových rozměrů uvedeny v [mm], hodnoty úhlových rozměrů ve [°]		Vyhovuje výkresové dokumentaci číslo:
	Jmenovitý rozměr: (rozměr dle výkresu)	Naměřený rozměr:	
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
13.			
14.			
15.			
16.			
17.			
18.			
19.			
20.			
21.			
22.			
23.			
24.			
25.			
Poznámky:			

Obr. 16: Protokol o měření

3.3 Všeobecné zásady správného měření

- volíme vhodné měřidlo podle požadované přesnosti měření
- používáme měřidla pouze označená s platnou kalibrací měřidla
- měřená součást i měřidlo musí mít stejnou teplotu, měřidla i kontrolované předměty necháme ustálit na teplotu 20 °C
- měřená součást i měřící doteky musí být čisté
- měříme a pracujeme s měřidly s citem

- měřidla mají být konstruována tak, aby osa měření byla přímým pokračováním osy měřidla – Abbého princip
- při měření, dotyky měřidla musí správně přiléhat k měřenému objektu, vyhledání správné měřicí polohy
- měřené hodnoty odečítáme při dobrém osvětlení, při odečítání se díváme kolmo na stupnici měřidla
- měřidla pokládáme na měkké podložky
- měřidla po použití očistíme, nakonzervujeme a uložíme do pouzder

Při měření jakékoliv veličiny musíme vždy správně analyzovat zadání měření a následně pak zvolit vhodnou měřicí metodu a příslušné přístroje a pomůcky.

3.4 Volba měřidla a měřicí metody

Při volbě měřidla a měřicí metody se musí zohlednit:

- druh měřené veličiny (hmotnost, délka, elektrické napětí apod.)
- typ výroby (kusová, sériová, hromadná)
- hledisko výkresu součásti se zápisem tolerancí (toleranční značky, mezní úchytky)
- rozsah měření
- přesnost měření

3.4.1 Měřicí metody

Měřicími metodami rozumíme způsoby, které používáme ke kvantifikaci měřených veličin. Většinu měřících metod lze realizovat různými postupy, které představují zpravidla sled úkonů, potřebných k realizaci měření na základě určité měřicí metody, které vycházejí z určitého měřicího principu.

Měření délek dělíme podle použité měřicí metody:

- měření absolutní
 - velikost měřeného rozměru je zjištěna určitým počtem délkových jednotek odečtených na stupnici měřicího přístroje, např. měření délky posuvným měřítkem
- měření nepřímé
 - používá se, pokud měřený rozměr nelze změřit přímo. Měří se jiný rozměr a pomocí matematických funkcí se požadovaný rozměr vypočítá
- měření komparační
 - porovnávací, velikost měřeného rozměru se zjišťuje porovnáním rozměru, nebo tvaru kontrolovaného předmětu s nastaveným rozměrem na měřidle nebo tvarem kalibru nebo šablony. Zjišťujeme, zda odchylka nepřesahuje dovolenou toleranci. Číselnou hodnotu rozměru na měřidle nelze stanovit.

3.4.2 Měřidla

Měřidla používaná k měření délek můžeme rozdělit:

- měřidla přímá

U těchto měřidel se přímo odečte měřený rozměr na stupnici měřidla. např. posuvné měřítko, mikrometrická měřidla.

- měřidla nepřímá

Měřidla se musí seřadit na jmenovitý rozměr a na stupnici měřidla odečteme pouze odchylku od jmenovitého rozměru. Tyto měřidla mají malý rozsah měření, ale velkou přesnost - např. číselníkový úchylkoměr.

- měřidla pevná

Tyto měřidla jsou vyrobená pro měření jednoho rozměru v dané toleranci, měření je rychlé a jednoduché - např. kalibry.

Podle rozlišení měřidla dělíme:

- rozlišení 0,5 mm a horší – například svinovací metr, ocelové pravítko
- rozlišení 0,1 mm – posuvná měřidla
- rozlišení 0,01 mm – mikrometrická měřidla
- rozlišení 0,001 mm – porovnávací měřidla

Podle technického provedení dělíme na:

- posuvná měřidla
- mikrometrická měřidla
- koncové měrky
- kalibry
- porovnávací měřidla
- souřadnicové měřicí stroje

3.5 Měřidla přímá

3.5.1 Posuvná měřidla analogová

Posuvným měřidlem měříme vnější rozměry součásti, vnitřní rozměry a hloubky. Měří s přesností 0,1 až 0,02 mm.

Posuvné měřidlo obsahuje pevnou část se základní stupnicí a posuvnou část s posuvnou stupnicí – noniem.

Při desetinném noniu je 10 dílků nonia rovno 9 mm, to znamená, že jeden dílek nonia je o 0,1 mm kratší než jeden dílek hlavní stupnice a přesnost měřidla je 0,1 mm.

Při dvacetinném noniu je 20 dílků nonia rovno 19 mm a přesnost je 0,05 mm.

Při padesátinném noniu je 50 dílků nonia rovno 49 mm, přesnost je 0,02 mm.



Obr. 17: Posuvné měřtko analogové

3.5.2 Posuvná měřidla digitální

Posuvná měřidla s digitálním ukazatelem zobrazují měřený údaj v číslicovém tvaru, umožňují snadnější a rychlejší odečítání, měří s přesností 0,01 mm. Lze u nich nastavit 0 v libovolné poloze. Mohou být připojena na mikroprocesor. Naměřené hodnoty se dají statisticky vyhodnocovat.

Na stejném principu jako posuvná měřítka pracují posuvné hloubkoměry a posuvné výškoměry.



Obr. 18: Posuvné měřtko digitální

3.5.3 Mikrometrická měřidla

Používají se pro měření vnějších a vnitřních rozměrů a na měření hloubek. Měří s přesností 0,01 mm. Základem mikrometru je šroub a matice o stoupání 0,5 mm.

Podélná stupnice mikrometru je dělená po 0,5 mm. Obvod bubínku je rozdělen na 50 dílků. Pootočíme-li bubínkem o jednu padesátinu jeho obvodu, posune se měřicí dotyk o 0,01 mm. Mikrometry mohou mít různé konstrukční úpravy podle použití.

Rozdělení mikrometrických měřidel:

- třmenové mikrometry (analogové nebo digitální), pro měření vnějších rozměrů
- dutinové mikrometry pro, měření malých otvorů
- mikrometrické hloubkoměry, pro měření hloubek
- mikrometrické odpichy, pro měření velkých otvorů





Obr. 19: Mikrometrická měřidla

3.5.4 Koncové měřky

Koncové měřky mají tvar destičky nebo hranolku s přesnou hodnotou vzdálenosti jejich rovnoběžných ploch. Povrch je lapovaný. Jejich složením sestavujeme požadovaný rozměr, který se snažíme poskládat z co nejmenšího počtu měrek (maximálně pět měrek), aby vznikly minimální úchytky. Požadovaný rozměr skládáme vždy od nejmenší měřky, na kterou se postupně nasouvají další měřky.

Materiál měrek:

- ocel, uměle stárnutá, rozměrová stálost, při pravidelném čistění a konzervaci je zaručena dlouhodobá uspokojivá použitelnost, lepší přilnavost, vyšší pevnost v ohybu, houževnatost
- keramika, vyšší tvrdost, odolnost proti otěru, korozi a chemikáliím, téměř stejná tepelná roztažnost, lehčí, křehčí



Obr. 20: Koncové měřky

3.6 Měřidla nepřímá (porovnávací)

3.6.1 Kalibry

Druhy kalibrů:

- kalibry na vnitřní rozměry (díry)
- kalibry na vnější rozměry (hřídele)
- ostatní kalibry (speciální kalibry)

Dále kalibry můžeme dělit na:

- kalibry na hladké součásti
- kalibry na tvarové součásti (závity, drážkování)

Kalibry jsou pevná měřidla s nejrychlejším a nejsnazším použitím. Kalibr se nasune na měřenou součást a tím zjistíme, zda měřený rozměr vyhovuje dané toleranci. Toto měření je málo náchylné k chybám. Jejich nevýhodou je, že každý kalibr je vyrobená pro měření jednoho rozměru v jedné toleranci. Měření s použitím kalibrů se používá v hromadné výrobě.



Obr. 21: Kalibry

3.6.2 Číselníkové úchylkoměry, pasametry

Tyto měřidla se liší svým provedením, převodem a rozlišením.

Platí, čím větší rozlišení měřidla, tím menší měřící rozsah měřidla. Převod slouží k zvětšení malé výchylky měřícího doteku na velkou, okem viditelnou výchylku ručičky na stupnici. Většinou měřidla mají tvar měřící hlavice, která se upíná do stojánku. Měřidlo nejprve nastavíme pomocí koncových měrek na požadovaný rozměr. Na stupnici měřidla potom odečítáme odchylku od tohoto nastaveného rozměru.

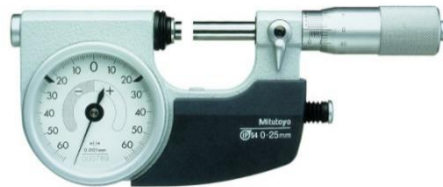
Rozdělení podle převodu:

- převod mechanický
 - pákový
 - pružinový
 - ozubenými koly
 - kombinovaný
- převod mechanicko – optický
- převod pneumatický
 - bezdotykový
 - dotykový

- Převod elektrický
 - porovnávací (elektro kontaktní)
 - fotoelektrický
 - kapacitní
 - indukční



Obr. 22: Číselníkový úchylkoměr



Obr. 23: Pasometr

3.7 Délkové (souřadnicové měřicí stroje)

Pro přesné měření tvarově složitých součástí se používají tříose souřadnicové měřicí stroje. Vyrábí se s vodorovnou nebo svislou osou měření. Měřená hodnota je odečítána pomocí mikroskopu, nebo digitálního ukazatele.

Součást se položí na stůl přístroje a měřící dotek, který se posouvá ve třech osách – X, Y, Z a svým dotykem proměřuje povrch měřené součásti. Na displeji se zobrazují naměřené hodnoty v těchto osách. Měřidlo je propojeno s počítačem, který umí ze změřených údajů vypočítat například průměry a polohy díry, odchylky kruhovitosti, nebo porovnat změřený tvar s počítačovým modelem.



Obr. 24: Souřadnicový měřicí stroj

3.8 Kontrolní operace ve výrobním procesu

Kontrola kvality se dostává do popředí zájmů o kvalitní výrobky, služby, výrobní proces. Na kontrole kvality se podílejí jednak pracovníci výrobních úseků, tak rovněž technické kontroly.

Dvě úrovně kontroly kvality:

- samokontrola (prvotní kontrola)
 - provádí pracovník výroby, jako součást výrobní operace
 - pracovník výroby kontroluje sám bezprostředně po provedení výrobní operace
 - výsledky kontroly vyhodnocuje, výrobky třídí na shodné a neshodné
 - podíl kontrolního času k celkovému času výrobní operace činí u jednotlivých operací 5 až 10 %
- kontrola prováděná kontrolorem nebo pracovníkem útvaru řízení kvality
 - kontrolor prověřuje kvalitu výroby, analyzuje zjištěné nedostatky a navrhuje opravná opatření
 - úkolem výrobní kontroly není tříditi součásti z hlediska kvality provedení, ale předcházet vzniku neshodných výrobků
 - této skutečnosti musí odpovídat vybavení jak po stránce technické, personální a organizační

Kontrolní postup pro kusovou a malosériovou výrobu

- kusová a malosériová výroba je charakterizována rychlými změnami výrobního programu
- ke kontrole kvality se používají univerzální měřicí prostředky od jednoduchých dílenských měřidel (mezní kalibry, posuvná a mikrometrická měřidla, číselníkové úchylkoměry) až po souřadnicové měřicí stroje
- kontrolní operace se nerozpracovávají detailně, ale sami navrhnou vhodnou měřicí techniku
- toto je podmíněno vysokou kvalifikací pracovníků výroby a technické kontroly

Kontrola pro sériovou výrobu

- kvalifikace výrobních a kontrolních pracovníků je na nižší úrovni
- používají se univerzální dílenské měřicí prostředky, vhodné pro kontrolu větších výrobních dávek – číslicově měřicí přístroje. Představitelem měřících prostředků jsou NC měřicí centra
- kontrolní postupy jsou rozpracovány do účelné hloubky

3.9 Měření a kontrola geometrických tvarů.

Strojírenské výrobky musí splňovat parametry nejen délkových rozměrů, ale taky jiné, např. materiálové nároky, geometrické tvary, drsnost povrchu, vzhled.

Úchylky tvaru a polohy udávají maximální povolenou úchylku prvku součásti (v milimetrech) od ideálního geometrického prvku – u úchylek tvaru, nebo od jiného prvku – u úchylek polohy.

Geometrické tolerance se dělí:

- tolerance tvaru
- tolerance směru
- tolerance polohy
- tolerance házení

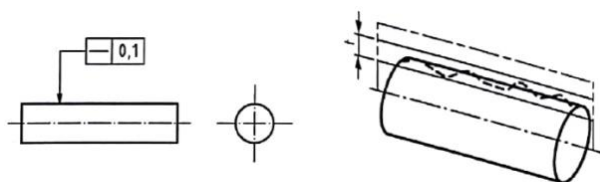
Tab. 11: Rozdělení geometrických tolerancí

Geometrické tolerance		Značka
Tvaru	Přímosti	—
	Rovinnosti	
	Kruhovitosti	
	Válcovitosti	
	Tvaru profilu	
	Tvaru plochy	
Směru	Rovnoběžnosti	//
	Kolmosti	
	Sklonu	
Polohy	Umístění	
	Soustřednosti a souososti	
	Souměrnosti	
Házení	Kruhového	
	Celkového	

3.9.1 Tolerance tvaru

Tolerance přímosti

- vyhovuje tehdy, pokud tolerovaná čára (osa, hrana, jakákoliv odvozená přímka z povrchu tolerované součásti) leží mezi dvěma rovnoběžnými přímkami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerančního pole.

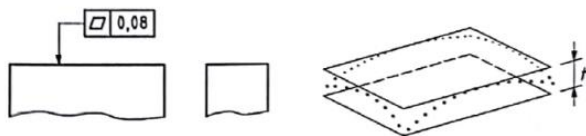


Obr. 25: Tolerance přímosti

Měření přímosti se většinou provádí různými kombinacemi jednoduchých přístrojů, například úchylkoměry s příměrnými pravítky. Stranou však nejdou ani klasické souřadnicové měřicí stroje či laserové interferometry.

Tolerance rovinnosti

- je vyhovující, pokud odvozená rovina leží mezi dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerančního pole.

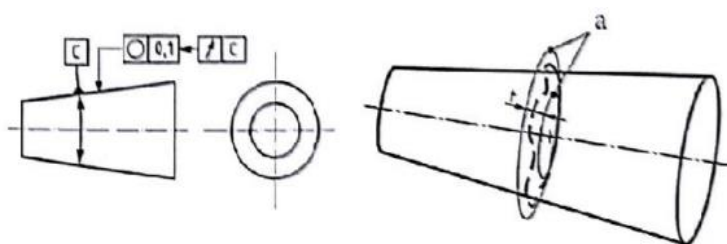


Obr. 26: Tolerance rovinnosti

Pro měření tolerance rovinnosti je využíváno úchylkoměrů, nožových pravítek, koncových měrek, interferenčně pomocí planparalelních sklíček, optiky a souřadnicových měřících přístrojů.

Tolerance kruhovitosti

- odvozená obvodová čára z kuželového nebo válcového povrchu v jakémkoliv průřezu musí ležet mezi dvěma koplanárními (ležícími ve stejné rovině) a soustřednými kruhy vzdálenými od sebe o hodnotu tolerančního pole.

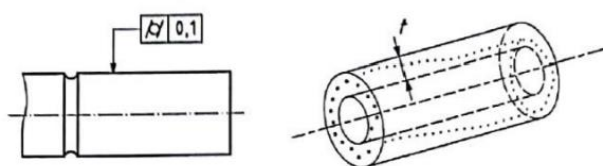


Obr. 27: Tolerance kruhovitosti

Měření číselníkovým úchylkoměrem při pootáčení součásti v prizmatické podložce. Také existují tříosé souřadnicové přístroje, nebo speciální měřidla – kruhoměry s otočným vřetenem.

Tolerance válcovitosti

- dovozený cylindrický povrch musí ležet mezi dvěma sousými válci vzdálenými od sebe o hodnotu tolerančního pole.



Obr. 28: Tolerance válcovitosti

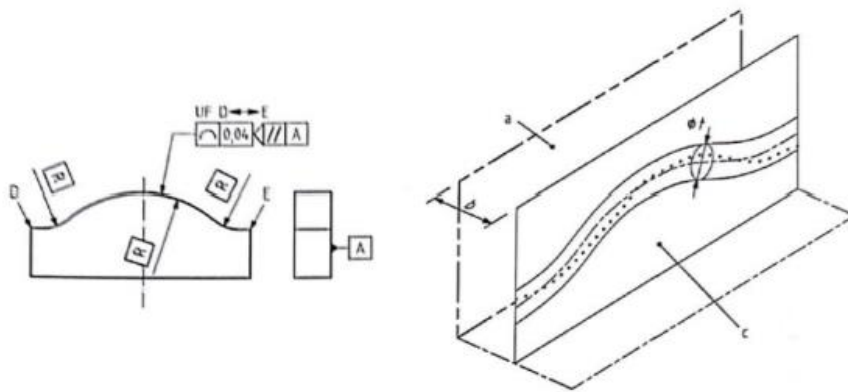
Je to největší naměřená kolmá vzdálenost povrchu součásti od obalového válce. Měříme například jako kruhovitosť několika příčných řezů a přímosti povrchových přímek pláště k ose válce.

Měření se provádí pomocí speciálního měřicího stroje, nebo lze využít i číselníkový úchylkoměr a pasometr, měření je celkem složitě.

Tolerance tvaru profilu

- odvozená čára profilu musí ležet mezi dvěma ekvidistantami, ležícími v rovině řezu kolmé k tolerovanému povrchu a vzdálenými od jmenovitého profilu o polovinu

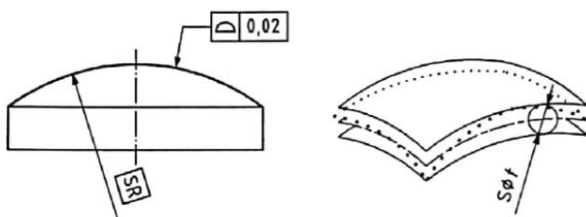
hodnoty tolerančního pole. V závislosti na účelu a posouzení dané tolerance lze předepsat základnu, ale její použití není nutné.



Obr. 29: Tolerance tvaru profilu

Tolerance tvaru plochy

- odvozený povrch musí ležet mezi dvěma ekvidistantními povrchy ohraničující koule o průměru rovném hodnotě tolerančního pole. V závislosti na účelu a posouzení dané tolerance lze předepsat základnu, ale její použití není nutné.

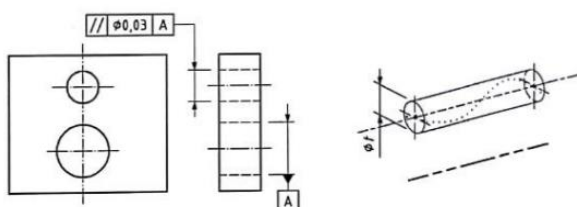


Obr. 30: Tolerance tvaru plochy

3.9.2 Tolerance směru

Tolerance rovnoběžnosti

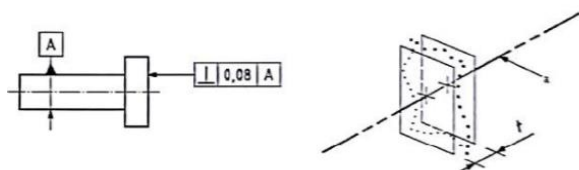
- odvozený tolerovaný prvek musí ležet mezi dvěma rovnoběžnými rovinami, vzdálenými od sebe o hodnotu tolerančního pole, a které jsou rovnoběžné s předepsanou základnou. Pokud hodnotě tolerančního pole předchází symbol \emptyset , pak se toleranční zóna nachází uvnitř válce o průměru rovném hodnotě tolerančního pole. Válec je rovnoběžný s předepsanou základnou. Toto lze použít pouze za předpokladu tolerování lineárního prvku.



Obr. 31: Tolerance rovnoběžnosti

Tolerance kolmosti

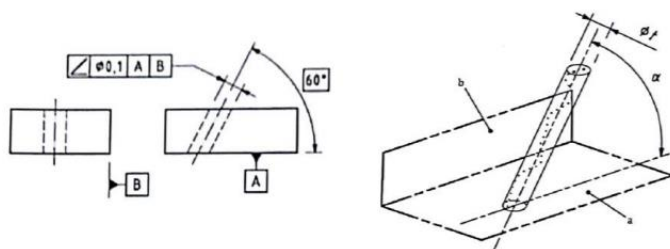
- odvozený tolerovaný prvek ležet mezi dvěma rovnoběžnými rovinami, vzdálenými od sebe o hodnotu tolerančního pole, a které jsou kolmé na předepsanou základnou.



Obr. 32: Tolerance kolmosti

Tolerance sklonu

- odvozený tolerovaný prvek musí ležet mezi dvěma rovnoběžnými rovinami, vzdálenými od sebe o hodnotu tolerančního pole, a které jsou natočeny oproti předepsané základně o specificky zadanou, teoreticky přesnou hodnotu úhlu.

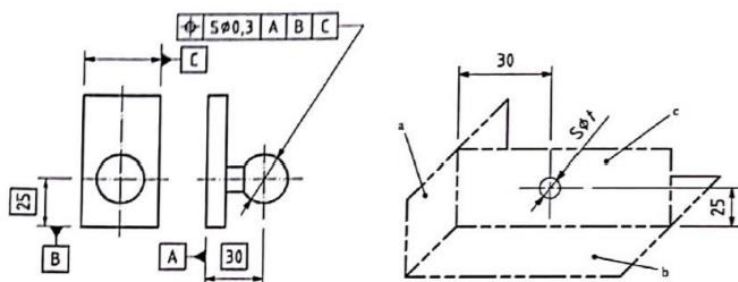


Obr. 33: Tolerance sklonu

3.9.3 Tolerance polohy

Tolerance umístění

- odvozený tolerovaný prvek musí ležet mezi dvěma rovnoběžnými rovinami, vzdálenými od sebe o hodnotu tolerančního pole. Poloha toleranční zóny je dána teoreticky přesnou vzdáleností od předepsaných základen. Pokud hodnotě tolerančního pole předchází symbol \emptyset , pak se toleranční zóna nachází uvnitř válce o průměru rovném hodnotě tolerančního pole. Toto lze použít pouze za předpokladu tolerování lineárních prvků. Pro případ tolerování bodových prvků, lze použít symbol $S\emptyset$. Toleranční zóna se pak nachází uvnitř kulové plochy o průměru rovném hodnotě tolerančního pole.

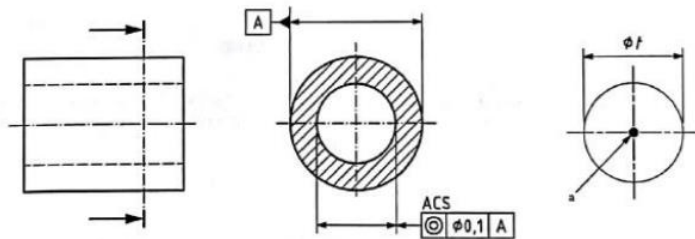


Obr. 34: Tolerance umístění

Tyto úchytky se měří běžnými měřidly za použití přípravků, trnů nebo kalibrů. Házení měříme číselníkovým úchylkoměrem při otáčení součásti upnuté mezi hroty.

Tolerance soustřednosti a sousosti

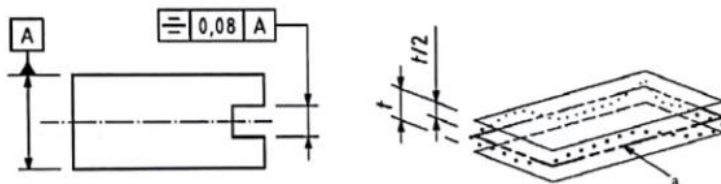
- odvozená tolerovaná osa musí ležet uvnitř tolerančního pole tvaru válce o průměru rovném hodnotě tolerančního pole. Osa toleranční zóny tvaru válce je shodná s osou předepsané základny. V případě, že jsou předepsané dvě základny, pak osa tolerančního válce je totožná s osou nejmenšího možného opsaného válce, vytvořeného osami předepsaných základen.



Obr. 35: Tolerance umístění

Tolerance souměrnosti

- odvozená tolerovaná rovina souměrnosti musí ležet mezi dvěma rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerančního pole. Tyto roviny jsou rovnoběžné s rovinou souměrnosti ploch předepsaných základnou.

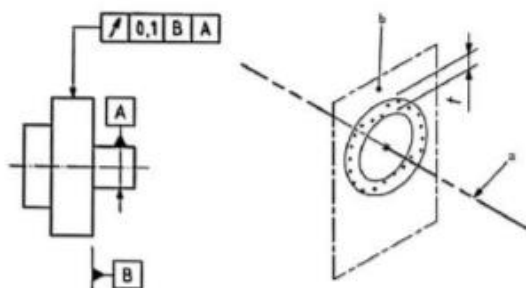


Obr. 36: Tolerance souměrnosti

3.9.4 Tolerance házení

Tolerance kruhového házení

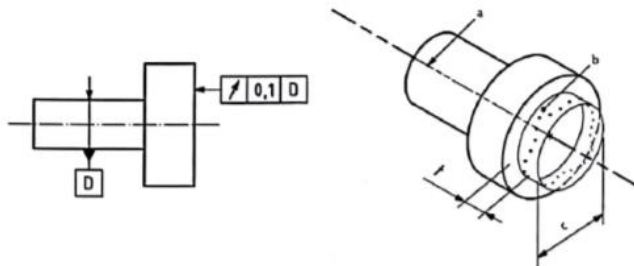
- obvodové (radiální) házení, všechny body tolerované plochy musí v libovolné rovině řezu, kolmé na osu předepsané základny, ležet mezi dvěma koplánárními a soustřednými kružnicemi s rozdílem poloměru rovným hodnotě tolerančního pole.



Obr. 37: Tolerance kruhového házení

Čelní (axiální) házení

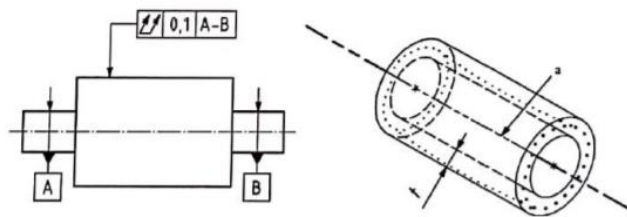
- všechny body tolerované plochy musí v libovolném řezu válcovou plochou, jejíž osa je totožná s osou předepsané základny, ležet mezi dvěma kružnicemi, které jsou axiálně posunuté o hodnotu tolerančního pole a které jsou součástí válcové plochy s osou totožnou k ose základny.



Obr. 38: Tolerance axiálního házení

Tolerance celkového házení (celkové obvodové házení)

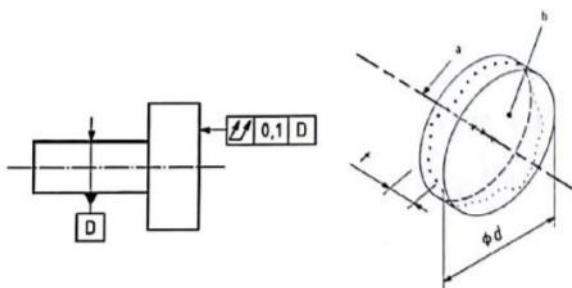
- všechny body tolerované plochy musí ležet mezi dvěma soustřednými válci, jejichž poloměry se liší o hodnotu tolerančního pole. Osa válců ohraničující toleranční pole je totožná s osou předepsané základny.



Obr. 39: Tolerance celkového házení

Celkové čelní (axiální) házení

- všechny body tolerované plochy musí ležet mezi dvěma rovinami kolnými k ose předepsané základny a vzdálenými od sebe o hodnotu tolerančního pole.



Obr. 40: Tolerance čelního (axiálního) házení

3.10 Chyby měření a jejich příčiny

Každé měření je zatíženo chybou. Opakujeme-li měření za stejných podmínek, budou se výsledky měření lišit. To je způsobeno řadou vlivů.

Hlavní příčiny vzniku chyb:

- měřidlo, měřicí systém (jsou dány nedokonalostí a nespolehlivostí měřicích přístrojů, např.: tření, chyby způsobené posunutím nuly, chyby umístění atd.)
- měřicí metoda (nerespektování dynamických vlastností měřidel, zanedbání některých funkčních závislostí – nepřímé měření)
- podmínky, při kterých se měření provádí (hlavně chyba teplotní)
- osoba, která měření provádí a vyhodnocuje (závisí na subjektivních vlastnostech osoby pozorovatele – zručnost, zkušenost, kvalifikace, psychický stav, chyba paralaxy, omezená rozlišovací schopnost)

Členění chyb:

- dle časové závislosti: statické, dynamické
- dle možnosti vyloučení: odstranitelné, neodstranitelné
- dle způsobu výskytu: chyby systematické (soustavné), chyby náhodné, chyby hrubé

3.10.1 Systematické chyby

Systematické chyby mají za stejných podmínek stejnou velikost a stejné znaménko.

Dělí se na:

- chyby měřicí metody
- chyby měřicích přístrojů
- chyby osobní
- chyby způsobené vlivy prostředí

Chyby měřicí metody

- nesprávná volba měřicí metody, nesprávný měřicí postup, nesprávné umístění měřené součásti na směr měření, vliv přítlačné síly apod.

Chyby měřicích přístrojů

- vznikají při výrobě (nepřesnost výroby, nepřesnost montáže) a při používání měřidel – zjišťují se kalibrací měřidel.

Chyby měřicí metody

- nesprávná volba měřicí metody, nesprávný měřicí postup, nesprávné umístění měřené součásti na směr měření, vliv přítlačné síly apod.

Chyby osobní

- neznalost, nepozornost, citlivost lidských smyslů apod.

Chyby způsobené vlivy prostředí

- teplota, tlak, osvětlení apod.

Velikost systematické chyby zjistíme výpočtem, popřípadě odhadem.

3.10.2 Chyby náhodné

Náhodné chyby mají za stejných podmínek různou velikost a různé znaménko.

Vznikají nepravidelně, při opakovaném měření za stejných podmínek nedostaneme stejný výsledek. Jsou způsobené příčinami náhodného charakteru co do velikosti a směru působení (třením a vůlí v ložiskách měřicího přístroje, kolísáním teploty, kolísáním měřicí síly, otřesy apod.)

Obecné vlastnosti náhodných chyb můžeme vyjádřit dvěma zákony statistiky:

- malé chyby jsou častější než velké chyby
- počet kladných chyb je stejný jako záporných

Vliv náhodných chyb na přesnost měření můžeme zmenšit vícenásobným opakováním měření a výpočtem pravděpodobné hodnoty měřené veličiny – aritmetického průměru.

3.10.3 Chyby hrubé

Jsou na první pohled nápadné svou velikostí.

Jsou způsobené nepozorností obsluhy, poruchou přístroje, nesprávným použitím přístroje, omylem apod. Takto naměřené hodnoty nebereme při zpracování výsledků v úvahu.

3.10.4 Skutečné chyby

Vznikají souhrou všech uvedených vlivů. Pro jejich omezení je nezbytné eliminovat výskyt chyb hrubých a systematických. Zbývající odchylky lze považovat za chyby náhodné.

3.11 Nejistoty měření

Nejistoty měření se stanovují při vyhodnocování měření ve výzkumu a technické praxi a to při:

- experimentálním ověřování fyzikálních zákonů a určování hodnot fyzikálních konstant
- definičních měření, reprodukci jednotek fyzikálních a technických veličin a vyhodnocování metrologických vlastností primárních etalonů
- kalibraci sekundárních etalonů a pracovních (provozních) měřidel
- typových zkouškách měřidel a vyhodnocování jejich technických a metrologických vlastností
- vyhodnocování přesných měření v oblasti zkušebnictví a kontroly jakosti výrobků
- úředních měření ve smyslu zákona o metrologii
- ostatních přesných a závazných měření v technické praxi, např. přijímacích a garančních zkouškách, měření množství látek a energií v hospodářském styku, měření složení a vlastností materiálů apod.

Nejistota měření charakterizuje rozsah naměřených hodnot okolo výsledku měření, který lze zdůvodněně přiřadit k hodnotě měřené veličiny. Nejistota měření se týká nejen výsledku měření, ale i měřicích přístrojů, hodnot použitých konstant, korekcí apod., na kterých nejistota výsledku měření závisí.

Základem určování nejistot měření je statistický přístup. Předpokládá se určité rozdělení pravděpodobnosti, které popisuje, jak se může udávaná hodnota odchylovat od skutečné hodnoty, resp. pravděpodobnost, s jakou se v intervalu daném nejistotou může nacházet skutečná hodnota. Mírou nejistoty měření je směrodatná odchylka udávané veličiny. Takto vyjádřená nejistota se označuje jako standardní nejistota u a představuje rozsah hodnot okolo naměřené hodnoty.

Standardní nejistoty se dělí na standardní nejistoty typu A a typu B. Udávají se buď samostatně bez znaménka, nebo za hodnotou výsledku se znaménkem \pm .

Standardní nejistoty typu A

u_A jsou způsobovány náhodnými chybami, jejichž příčiny se považují všeobecně za neznámé. Stanovují se z opakovaných měření stejné hodnoty měřené veličiny za stejných podmínek. Tyto nejistoty se stoupajícím počtem opakovaných měření se zmenšují. Přitom se předpokládá existence náhodných chyb s normálním rozdělením.

Standardní nejistoty typu B

u_B jsou způsobovány známými a odhadnutelnými příčinami vzniku. Jejich identifikaci a základní hodnocení provádí experimentátor. Jejich určování nebývá vždy jednoduché. U složitých měřicích zařízeních a při zvýšeném požadavku na přesnost, musí se provést podrobný rozbor chyb, což vyžaduje značné zkušenosti. Tyto nejistoty vycházejí z různých zdrojů a výsledná nejistota typu B je dána jejich sumací - přitom nezávisí na počtu opakovaných měření.

Kombinovaná standardní nejistota

u_C je sumací nejistot typu A a B. Hodnotí-li se výsledek měření touto nejistotou, není třeba rozlišovat nejistoty typu A a B. Kombinovaná standardní nejistota udává interval, ve kterém se s poměrně velkou pravděpodobností může vyskytovat skutečná hodnota měřené veličiny. V praxi se dává této nejistotě přednost.

3.11.1 Zdroje nejistot

Jako zdroje nejistot lze označit veškeré jevy, které nějakým způsobem mohou ovlivnit neurčitost jednoznačného stanovení výsledku měření, a tím vzdalují naměřenou hodnotu od hodnoty skutečné. Značnou roli zde sehrává také skutečnost, zda jde o měřicí metody přímé nebo nepřímé.

Na nejistoty působí výběr měřicích přístrojů analogových nebo číslicových, použití různých filtrů, vzorkovačů a dalších prostředků v celé trase přenosu a úpravy měřicího signálu.

Nejčastější zdroje nejistot:

- nedokonalá či neúplná definice měřené veličiny nebo její realizace
- nevhodný výběr přístroje (rozlišovací schopnost aj.)
- nevhodný (nereprezentativní) výběr vzorků měření
- nevhodný postup při měření
- zjednodušení (zaokrouhlení) konstant a převzatých hodnot
- linearizace, aproximace, interpolace anebo extrapolace při vyhodnocení

- neznámé nebo nekompensované vlivy prostředí
- nedodržení shodných podmínek při opakovaných měřeních
- subjektivní vlivy obsluhy
- nepřesnost etalonů a referenčních materiálů

Některé ze zdrojů se projevují výhradně, či výrazněji v nejistotách vyhodnocovaných nejistotou typu A, jiné při použití nejistoty typu B. Mnohé zdroje ale mohou být příčinou obou skupin nejistot, a zde právě číhá největší nebezpečí v podobě opomenutí jedné ze složek, což může mít i velmi výrazný zkreslující účinek.

3.11.2 Udávání nejistot

Údaje o nejistotách musí obsahovat formulace a zápis výsledných hodnot, způsobu výpočtu a nutné informace o pramenech. Výpočet nejistot je neoddelitelnou částí zpracování výsledků měření. Nejistoty musí být specifikovány.

Hodnoty nejistot se zásadně zaokrouhlují na dvě platná místa a to přednostně nahoru. Je třeba také uvádět odkazy na použité normativní dokumenty. Některé tyto dokumenty přímo předepisují náležitosti a formulace při udávání výsledků měření včetně nejistot.

3.12 Dodržování jakosti opracovaných ploch

Každý technologický krok ve výrobě má svůj vliv na povrch a způsobuje tak i jeho drsnost povrchu. Aby byla zaručena stabilní kvalita vyráběných dílů, definuje se jakost povrchu pomocí takzvané hodnoty drsnosti.

Drsnost, to jsou nerovnoměrnosti, které jsou jinak definované jako povrchové výškové rozdíly. Tyto takzvané odchylky tvaru jsou způsobené řeznou hranou nástroje při povrchovém zpracování.

Podle převládajícího směru nerovností se drsnost posuzuje v příčném nebo podélném směru.

Mezi kvalitou povrchu se zahrnuje i rovinnost povrchu. Drsnost povrchu se udává číslem μm .

Faktory, které ovlivňují kvalitu povrchu:

- obrábění
 - řezné podmínky (hloubka řezu nebo rychlost řezu)
 - nástroje (úhel čela, úhel sklonu, úhel záběru)
 - způsob obrábění (otáčky, broušení, frézování, soustružení)
- obráběný materiál (složení)
 - stabilita obráběného dílu
 - hladicí a mazací kapalina
 - vlastnost materiálu při obrábění

Kontrolu parametrů profilu drsnosti povrchu plochy se provádí pomocí:

- odhadem, pomocí zraku a hmatu
- porovnáním s vzorkovnicí drsnosti
- pomocí elektronických dotykových měřících přístrojů

3.13 Měřidla drsnosti

3.13.1 Vzorkovnice drsnosti

Vzorkovnice drsnosti povrchu jsou obrobeny různými druhy opracování v různých stupních drsnosti podle praktické řady.



Obr. 41: Vzorkovnice drsnosti

3.13.2 Elektronické dotykové měřicí přístroje

Princip měření nerovnosti povrchu – snímací prvek (dotykový hrot), připojený k jednotce detektoru sleduje nepravidelnosti povrchu obrobku. Vertikální posuvy během sledování jsou zpracovány a digitálně zobrazeny na displeji.



Obr. 42: Elektronický drsnoměr

3.13.3 Metody kontroly struktury povrchu

Rozdělení metod:

- metody kvantitativní
- metody kvalitativní

Kvalitativní metody

- jsou založeny na porovnávání kontrolovaného povrchu s povrchem vzorovým, jehož drsnost známe. Porovnávat můžeme pouze povrchy opracované stejným způsobem

obrábění. Výsledkem je zjištění, že porovnávaná plocha je hladší nebo hrubší než plocha vzorová. K porovnání slouží vzorkovnice povrchu.

Kvantitativní metody

- jsou metody, pomocí kterých vyjadřujeme drsnost číselnou hodnotou v parametrech R_a , R_t a R_z . Přístroje pro kvantitativní kontrolu dělíme na optické a elektronické.

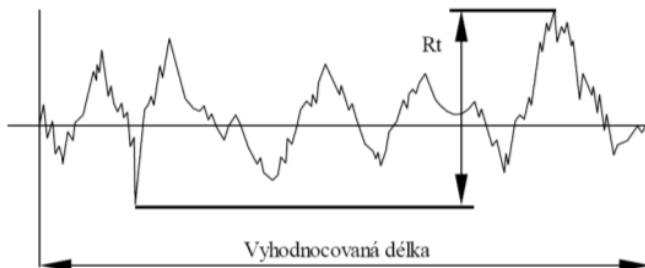
Běžně se používají na výkresové dokumentaci tyto parametry drsnosti povrchu:

R_a – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu, aritmetický průměr absolutních hodnot souřadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky.



Obr. 43: Průměrná aritmetická úchylka

R_t – Celková výška profilu drsnosti: Součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu vyhodnocované délky l_n .



Obr. 44: Celková výška profilu drsnosti

R_z – Největší výška profilu: Součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky.



Obr. 45: Celková výška profilu

3.13.4 Metodika měření

Geometrický ideální povrch je stanoven výrobní dokumentací. Ve výrobních podmínkách skutečný povrch vytvářený nástrojem má podmíněné úchytky od geometricky ideálního povrchu. Skutečný povrch je povrch zjištěný měřicí technikou.

- proveďte odhad drsnosti povrchu vyjádřenou hodnotou R_a [μm] pomocí zraku a hmatu na základě svých praktických zkušeností
- vyhodnoťte drsnost povrchu vzorku vyjádřenou hodnotou R_a [μm] pomocí vzorkovnice drsnosti povrchu. Berte v úvahu technologii opracování, ze vzorkovnice etalonů vyberte vzorky opracované stejným způsobem jako měřený vzorek
- vyhodnoťte drsnost povrchu vzorku, vyjádřenou hodnotou R_a [μm] pomocí přístroje na měření drsnosti. Před vlastním měřením proveďte kontrolu přístroje pomocí pracovního etalonu. Proveďte nastavení přístroje, volte vhodnou délku měření. Měření drsnosti provádíme kolmo vzhledem k pohybu řezného nástroje v 5 bodech, a to 2x za sebou.

4 POSUZOVÁNÍ MATERIÁLOVÝCH VAD KOVOVÝCH A NEKOVOVÝCH MATERIÁLŮ

V dnešní době, pro kterou je charakteristická neustálá snaha o zvyšování výkonů a maximálních rychlostí, prodlužování životnosti či snižování emisí s ohledem na životní prostředí, se kladou stále přísnější požadavky na výslednou kvalitu strojírenských výrobků. Na jakost výrobků, resp. jejich funkčních ploch, má vliv celá řada faktorů. Mezi sledované parametry při hodnocení jakosti ve strojírenské výrobě patří mimo jiné dosažení požadované přesnosti rozměru, geometrického tvaru a polohy a v neposlední řadě také drsnosti povrchu jednotlivých funkčních ploch. I precizně zhotovený povrch může být v konečném důsledku zcela znehodnocen výskytem různých defektů (vad), které jsou však v oblastech přesné výroby (automobilový, ložiskový nebo letecký průmysl apod.) zcela nepřijatelné.

4.1 Vady materiálů a výrobků

Vada (diskontinuita, necelistvost, nehomogenita a obdobné názvy tohoto pojmu) výrobku je odchylka provedení výrobku od vlastností předepsaných v technických normách nebo v jiných technických dokumentech, podle nichž je výrobek zkoušen a prodáván.

Cílem každého výrobního procesu je eliminovat množství neshodných produktů na přijatelné minimum. S každým neshodným výrobkem vznikají ztráty. Jedná se nejenom o ztráty přímé, tedy finanční, ale i ztráty nepřímé. Mezi takové lze zařadit nespokojenost zákazníka vlivem nedodání sjednaného množství kusů v termínu nebo rovněž snížení průchodnosti jednotlivými pracovišti. Snížení průchodnosti je způsobeno nutností vyrábět více kusů, než je objednáno – navýšení počtu kusů pokrývá zmetkovitost.

4.1.1 Rozdělení vad

Přípustná vada

Přípustnou vadou rozumíme takovou odchylku, která nijak nenarušuje podmínky dojednané se zákazníkem, či není v rozporu s příslušnou normou. A to jen v případě, pokud není zvláštním požadavkem výslovně zakázána.

Nepřípustná vada

Nepřípustná vada je odchylka, kterou není možné v rámci norem nebo dohody se zákazníkem odstranit tak, aby bylo možné součást používat dle původně stanovených technických podmínek. Součást s nepřijatelným defektem nazýváme neshodný výrobek.

Opravitelná vada

Opravitelná vada je defekt způsobený během výroby, který je možno před používáním součásti odstranit opravou tak, že konečný výrobek bude splňovat technické požadavky nebo normy stanovené zákazníkem.

4.1.2 Vady vznikající při obrábění

Na obrobené ploše se může vyskytovat řada povrchových vad, které mohou mít více příčin vzniku. V první řadě to mohou být vady, které prakticky nesouvisí s daným postupem obrábění a vznikly již dříve při odlévání nebo tváření. Jsou to například vady typu staženin, vměstků apod. Pokud se tyto vady vyskytují nehluboko pod povrchem, mohou být v

některých případech odkryty následným obráběním povrchu, čímž vzniknou různé prohlubně či důlky (lunkry).

Další skupinou vad jsou pak vady vzniklé přímo při procesu obrábění. Takto vzniklé vady mají prakticky vždy charakter povrchových vad. Pokud vady vzniknou při hrubém opracování povrchu (frézování, soustružení, vrtání), lze tyto částečně odstranit následnými dokončovacími procesy (broušení, honování, lapování, superfinišování apod.). To je však limitováno velikostí povrchové vady (především její hloubkou) ve vztahu k velikosti přídavku materiálu na jemné obrábění. Pokud však povrchová vada vznikne až při závěrečném jemném dokončování povrchu, pak je povrch prakticky znehodnocen. Otázkou je, do jaké míry byla narušena celistvost povrchu a zda má vzniklá vada vliv na funkčnost nebo životnost dílu.

Mezi nejčastěji se vyskytující vady při obrábění patří:

- Rýhy

Rýhy se na ploše vyskytují jako náhodně orientované nebo orientované ve směru obrábění. Velikost rýh (délka a šířka) se může pohybovat od jednotek setin milimetru až po jednotky milimetrů. Rýhy se mohou na povrchu objevovat samostatně (většinou náhodně orientované) nebo ve formě jemných škrábanců (rovnoběžné rýhy ve směru obrábění). Někdy je možné při vizuálním pozorování povrchu mylně považovat za rýhu i vlasovou trhlinu.

- Nedokonale obrobený povrch

Tento typ vady nelze v pravém slova smyslu považovat za klasickou povrchovou vadu, jelikož není narušena celistvost povrchu obrobené plochy. Důsledkem vzniku takovéto vady je však dosažení nerovnoměrné struktury povrchu obrobené plochy a není tedy zaručena funkčnost dílu v konstrukční sestavě (zvýšené tření, nadměrné zahřívání, nedokonalé mazání apod.). Příčinou vzniku může být například nevhodný přítlak obráběcích prvků, nesymetrický rozkmit, nevhodná (zkrácená) doba dokončování apod. Vada se projevuje nedobroušenými (nebo nedosuperfinišovanými) ploškami na funkční ploše součásti, pouhým okem je rozpoznatelná rozdílná drsnost povrchu, což například u oběžných drah ložisek je zcela nepřijatelné. V určitých případech lze tuto vadu povrchu ještě odstranit následným dokončováním.

- Tvarové odchylky povrchu

Mezi závažné vady tohoto typu patří periodické odchylky tvaru – vlnitost povrchu. U součástí rotujících vysokou rychlostí (hřídele převodovek, vačkové hřídele, klikové hřídele apod.) uložených ve válečkových nebo kluzných ložiskách, má vlnitost povrchu velmi zásadní vliv na vznik vibrací v ústrojí a jeho hluchost.

- Spáleniny po broušení

Při broušení může docházet, vlivem nedostatečného chlazení nebo velkým úběrem materiálu, k nežádoucímu teplotnímu zatížení povrchové vrstvy a ke vzniku tepelného poškození, které se nazývá spálenina po broušení a většinou má lokální charakter. Důsledkem strukturních a napěťových změn na povrchu dílu mohou vznikat povrchové

trhliny, které mají zásadní vliv na funkční vlastnosti dílu. Spáleniny po broušení se mohou projevat i vyšší hodnotu drsnosti povrchu oproti „nepoškozenému“ místu.

4.1.3 Používané metody detekce vad

Pro detekci vad, ať už se jedná o vady vnitřní či povrchové, existuje řada běžných metod, které využívají odlišné fyzikální principy. Zjišťování vad defektoskopickými zkouškami je většinou nepřímé. Prostředníkem je fyzikální veličina (elektromagnetické vlnění, mechanické vlnění apod.), která v interakci s prostředím (zkoušeným materiálem součástky) mění své parametry.

Kontrolní metody lze obecně rozdělit do dvou základních skupin:

- destruktivní (DT),
- nedestruktivní (NDT).

Podle schopnosti zjištění vad se defektoskopické metody dále dělí:

- metody zjišťování vad nacházejících se na povrchu nebo v blízkosti povrchu materiálu (trhliny, plošky, rýhy apod.),
 - metody zjišťování vnitřních vad (dutiny, bubliny, vměšky apod.).
- Vizualní metody

Všeobecně lze vizualní kontrolu rozdělit do dvou základních kategorií pro její provedení, a to na přímou a nepřímou, pokud se používá pro stanovení shody výrobku se specifikovanými požadavky (stav povrchu výrobku, provedení lícovacích ploch nebo geometrického tvaru výrobku).

Přímá vizualní kontrola je definována jako kontrola, při které není narušena optická dráha mezi okem pozorovatele a kontrolovanou plochou. Kontrola se provádí bez pomůcek nebo s pomůckami (např. zrcadlo, lupa, endoskopy apod.).

Nepřímá vizualní kontrola se používá v případech, kdy není přímá vizualní kontrola proveditelná jednak z důvodů nepřístupnosti (tlakové nádoby, potrubní systémy) nebo z důvodu bezpečnosti (ionizující záření apod.).

- Kapilární metody

Moderní kapilární metody jsou samostatným oborem nedestruktivního zkoušení materiálu. Využívají kapilárních vlastností některých kapalin, zvaných penetranty, ke zjišťování povrchových nečistot materiálu, jako např. trhlin, studených spojů, porózity apod. Zjišťování vnitřních vad, nemajících spojení se zkoušeným povrchem, není těmito metodami možné. Kapilární metody jsou založeny na využití charakteristických vlastností fázových rozhraní a jevů, označovaných jako kapilární jevy nebo kapilární vlastnosti kapalin.

- Metoda rozptylových toků

Metoda rozptylových toků, také často označovaná jako magnetická metoda prášková, je principiálně velmi jednoduchá metoda. Jestliže máme feromagnetický materiál, v němž se vyskytují povrchové vady (nebo v blízkosti povrchu lokalizované trhliny), pak se při zmagnetování tohoto materiálu magnetickým polem vytvoří v místě trhlin magnetický

rozptylový tok, vystupující z materiálu nad jeho povrch. Tento rozptylový tok je možné indikovat buď magnetickým práškem, nebo sondami.

- Zkoušky ultrazvukem

Ultrazvuk je jednou ze základních metod nedestruktivního zkoušení. Ultrazvuková metoda umožňuje zjistit přítomnost vnitřních vad materiálu, a to i ve velké hloubce pod povrchem. UT metoda má největší dosah se všech NDT metod. Je využívána především pro zkoušení tvářených polotovarů (plechy, výkovky, tyče), svarů a odlitků. Uplatňuje se však významně i při zkoušení různých typů nekovových materiálů, jako jsou některé typy plastů a kompozitů. Výhodou této metody je možnost automatizace procesu kontroly, především u polotovarů jednoduchého tvaru (trubky, plechy, tyče apod.). Kromě vnitřních vad typu trhlin, dvojitosti, dutin apod. je možno zjišťovat i vady povrchové. Mezi další výhody patří např. okamžité zobrazení výsledků zkoušky.

- Metoda vířivých proudů

Metoda vířivých proudů při kontrole materiálů, polotovarů a výrobků je založena na tom, že se zkoušený objekt, jenž má určitou elektrickou vodivost, magnetickou permeabilitu a určité rozměry, vystaví působení střídavého magnetického pole vytvořeného budicí cívkou, která je napájena střídavým proudem. V tomto objektu se indukují vířivé proudy, jež svým magnetickým účinkem působí zpětně na magnetické pole původní – budicí. Tato dvě magnetická pole (primární od budicí cívky a reakční od vířivých proudů) se vektorově skládají ve výsledné pole, které závisí na elektrické vodivosti a magnetické permeabilitě zkoušeného objektu. V měřicím vinutí snímače se tedy indukuje napětí ovlivněné magnetickými a elektrickými parametry kontrolovaného objektu. Princip kontroly pomocí vířivých proudů spočívá v tom, že strukturní stav materiálu změni uvedené magnetické a elektrické parametry, nebo přítomnost vady přeruší část drah vířivých proudů, takže jejich zpětný účinek na budicí pole se změni.

- Metoda prozařovací

Radiografie umožňuje získat trvalý obraz vnitřních vad materiálu (zejména objemových, ale v případě vhodné směrové orientace i plošných).

Obvyklé oblasti nasazení metody jsou kontrola svarů, odlitků (i tvarově velmi složitých), elektrotechnický průmysl, stavební průmysl. Vzhledem ke své průkaznosti a trvalému záznamu je jednou z nejdůležitějších metod při kontrole zařízení s vysokou mírou nebezpečnosti (například tlakových nádob), v leteckém a petrochemickém průmyslu.

4.2 Katalog vad

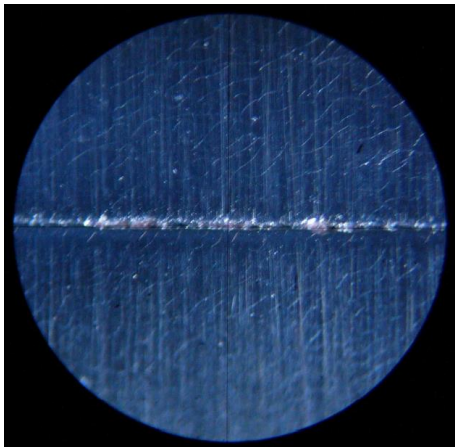
Výchozím bodem a základním pomocníkem ke správné diagnostice vad je systém klasifikace vad, daný katalogem vad.

- Podélná rýha

Popis vady:

- jedná se o tenkou rýhu ve směru osy, která se ve většině případů táhne přes celou délku funkční plochy

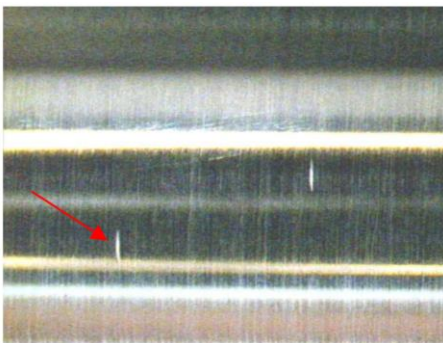
- podélná rýha vyskytuje již na polotovarech dodávaných subdodavateli a objevuje se velmi zřídka
- podélná rýha je viditelná lidským zrakem, ale je velmi lehce přehlédnutelná



- Příčná rýha

Popis vady:

- jedná o velmi jemné rýhy orientované ve směru broušení (kolmo na osu rotace)
- tyto rýhy vznikají většinou při broušení a příčinou bývá vypadané zrno z brusného kotouče



- Ploška na povrchu

Popis vady:

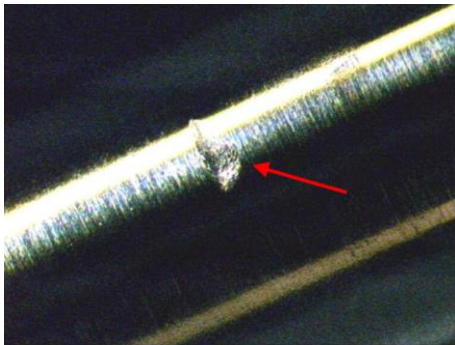
- plošky se ve většině případů vyskytují na okraji součásti
- jedná se o velmi hrubou vadu povrchu, která vzniká většinou při upínání součásti do obráběcího stroje



- Záseky

Popis vady:

- vady typu záseků se mohou vyskytovat po celé délce plochy
- příčinou vzniku je především mechanické poškození povrchu při manipulaci



- Nedobroušený povrch

Popis vady:

- část povrchu funkční plochy je nedobroušený
- to se projevuje výskytem části plochy, která vykazuje vyšší hodnotu drsnosti povrchu, než je požadováno



- Vytrhaný materiál – lunkr

Popis vady:

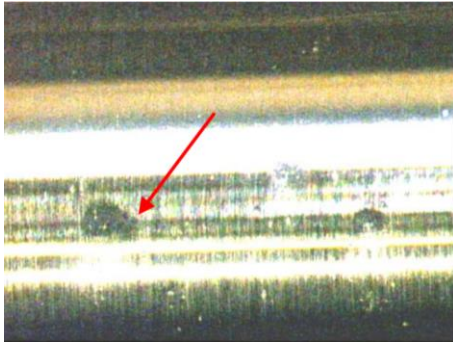
- tato vada vzniká odkrytím vnitřních vad typu dutin nebo vytržením cizorodých částic obsažených v materiálu (vměstků) při následném broušení povrchu polotovaru



- Vtisk

Popis vady:

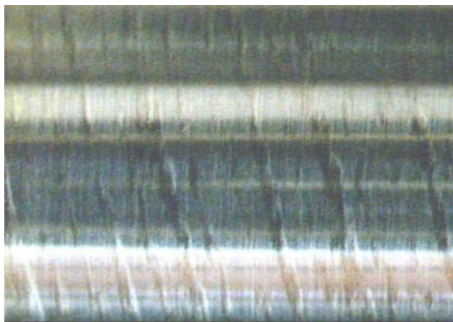
- vtisk se na pohled projevuje jako mělký důlek kruhového charakteru, který vzniká mechanickým poškozením povrchu



- Spirála

Popis vady:

- jedná se o nedobroušený povrch po procesu soustružení polotovaru
- spirála se projevuje viditelnými stopami po soustružnickém noži ve tvaru spirály na povrchu
- touto vadou postižený povrch vykazuje vyšší hodnotu drsnosti povrchu



- Koroze

Popis vady:

- koroze je definována jako fyzikálně-chemická interakce kovů a prostředí vedoucí ke změnám vlastnosti kovů, které mnohdy vyvolají zhoršení funkce materiálu
 - koroze rovnoměrná – je napaden celý povrch prakticky stejnoměrně
 - koroze nerovnoměrná – napadení je rozdílné

Podle způsobu napadení rozlišujeme nerovnoměrnou korozi:

- skvrnitou
- důlkovou
- bodovou
- mezikrystalickou, kdy koroze probíhá na hranicích krystalů
- transkrystalickou, kdy koroze probíhá napříč krystaly

- selektivní, kdy jsou napadány pouze některé složky materiálu

Skvrnitá, důlková a bodová koroze se vzájemně odlišují poměrem velikosti povrchové plochy k hloubce zasažení. Zvláště nebezpečné jsou koroze mezikrystalická a transkrystalická, které probíhají pod povrchem materiálu a proto způsobené narušení není při běžné prohlídce zřejmé.



POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. 1. Vydání. Praha: Europa Sobotáles cz. s.r.o., 2007. 612 s. ISBN 987-80-86706-19-1.
- [2] KLETEČKA, Jaroslav a Petr FOŘT. *Technické kreslení*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0498-2.
- [3] LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 3., dopl. vyd., dot. Praha: Scientia, 1999. ISBN 80-7183-164-6.
- [4] Interní materiál Střední školy technické Opava. Studijní materiál: *Vzdělávací program Metrologie a počítačová podpora měření*. Vytvořeno v rámci projektu Vzdělávací program Metrologie a počítačová podpora měření, reg. č.: CZ.1.07/1.1.07/11.0054
- [5] Výukové programy: Technická normalizace. *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Technická normalizace* [online]. Praha, 2022 [cit. 2022-02-17]. Dostupné z: <http://www.old.unmz.cz/urad/technicka-normalizace-r881>
- [6] ČSN ISO 2768 -1 - Všeobecné tolerance – Nepředepsané mezní úchytky