

VZORKOVNICE
DRSNOSTI POVRCHU

Typ

V P 1

SUPRAPHON

VYRÁBÍ

Gramofonové závody, n. p., Praha

Kvalitativní posuzování jakosti opracování pomocí vzorkovnic drsnosti povrchu.

Úvod k praktickému používání vzorkovnic na závodech.

ÚVOD.

Dodržování určité jakosti opracování jednotlivých ploch strojírenských výrobků je dosud zdrojem stálých sporů, a to nejen mezi výrobou a technickou kanceláří, ale také mezi výrobcem a zákazníkem.

Již při zavádění staršího, dosud ve většině našich závodů užívaného označování jakosti opracování, uvědomovali si naši technici, že výsledná jakost opracování povrchů vyrobených podle značek ∇ , $\nabla\nabla$, $\nabla\nabla\nabla$, ∞ (stará norma ČSN 1033) závisí značně na individuálních představách dělníka, jeho zkušenosti, řemeslné dovednosti a svědomitosti, na technické vyspělosti a zvyklostech nejen každého závodu, ale i jednotlivých dílen a na celé řadě dalších, více méně náhodných vlivech. Pro zpřesnění definic jakosti opracování předepsané trojúhelníčky a pro omezení sporů, byly již v roce 1918 zavedeny v některých zbrojních odděleních bývalých Škodových závodů v Plzni malé tabule vzorků jakosti opracování. Do roku 1924 byl rozšířen počet vzorových ploch pro potřeby všeobecného strojírenství, takže tabule měly již 28 ocelových vzorků. Pro jednotlivé druhy opracování a každou značku byly určeny dva vzorky, jeden pro malé a jeden pro velké součásti. Vzorky ukazovaly názorně nejvýše přípustnou drsnost povrchu odpovídající normalisovaným symbolům. Tyto tabule byly pravděpodobně prvními vzorkovnicemi drsnosti povrchu na světě. Byly to předchůdci nespočetného množství různých provedení dnešních vzorkovnic.

Se zavedením jednotné lícovací soustavy, s jemně odstupňovanou řadou druhů uložení, objevila se také naléhavá potřeba jemněji a jednoznačněji předepisovat a posuzovat jakost opracování součástí. Zvláště při požadavku výroby dokonale vyměnitelných součástí nemůžeme již vystačit se starým značením opracování. Není dosti přesné, aby jím mohl konstruktér jasně vyjádřit svoje požadavky. Dnes je navržena a v mnohých státech i prakticky užívána řada reprodukovatelně měřitelných parametrů, které více méně výstižně charakterisují drsnost povrchu a některé funkční vlastnosti ploch. V jednotlivých státech byly normalisovány většinou ty jednotky drsnosti povrchu, které by bylo možno měřit přístroji tuzemské výroby těchto států. Většina ostatních zemí jejich poznatky jen přejímá.

Povrch všech součástí je však záležitostí značně složitou. **Jakost povrchu** nutno též považovat za fyzikální stav hmoty a nejen za rozměrové úchytky mikronerovností. Při řezném pochodu vznikají často v povrchových vrstvách vysoké teploty a vysoké tlaky. Tím se může změnit i struktura těchto povrchových vrstev. Pod špičkou nástroje a pod „hřebínky“ mezi jednotlivými stopami po nástroji nastává nerovnoměrné ztuhnutí materiálu a dochází k dalším fyzikálním nebo chemickým změnám. Řada vědeckých pracovníků dokázala, že každou povrchovou vrstvu kovové plochy tvoří velmi tenká vrstva kyslíčků a že tato vrstvička má velký vliv na postup opotřebení plochy a na další její funkční vlastnosti.

Při proměřování povrchů bylo by ideální určovat takové veličiny, které by buď přímo, nebo ve spojení s jinými činiteli souvisejícími s povrchem, přesně charakterisovaly funkční vlastnosti plochy nebo dvojice stýkajících se ploch. Souhrn takových měření nazývali bychom měření **jakosti povrchu**. Stanovení těchto činitelů, dosud většinou neznámých, je tak složité, že snad nikdy nebude možné dospět k takovému zcela ideálnímu řešení.

Dnes provádíme většinou jen popisování **mikronerovností (drsnosti) povrchu**, t. j. stanovení velikosti mikroskopických úchytek jednotlivých bodů skutečného povrchu od jakési obalové plochy těsně přiložené k součásti a určujeme charakter těchto mikronerovností. Hodnoty drsnosti určujeme většinou ze zvětšených řezů povrchem (profilogramů), vedených kolmo k proměřované ploše. Pojem drsnosti povrchu je správně volený již proto, že smyslový vjem drsný nebo hladký jsou poznatky hmatové a ne optické. Hmat je v tomto případě spolehlivější než oko.

Mezinárodní licovací soustava ISA, zavedená téměř ve všech technicky vyspělých zemích, neomezuje nijak využití celé rozměrové tolerance obrobku pro úchytky geometrického tvaru a drsnosti povrchu. Kdybychom u funkčně důležitých součástí chtěli využít celé rozměrové tolerance pro tyto úchytky nižšího řádu, byla by ohrožena jak správná funkce jednotlivých mechanismů a celých strojů, tak podstatně snížena také jejich životnost. Rovněž dokonalá vyměnitelnost součástí není ještě zaručena dodržáním rozměrové tolerance, ale je třeba, aby byly přesně vymezeny přípustné úchytky geometrického tvaru a drsnosti povrchu.

U výrobků si můžeme úchytky od ideálního tvaru a rozměru předepsané výkresem rozdělit do tří hlavních stupňů, a to:

1. **Dovolené úchytky jmenovitých rozměrů** — řeší licovací soustava ISO a ČSN 01 4203 a ČSN 01 3331.
2. **Dovolené úchytky geometrického tvaru** — dosud není vydána norma platná pro celé strojírenství; tyto problémy pokouší se řešit návrh normy ČSN 01 4403, nazvané „Úchytky geometrického tvaru a vzájemné polohy — tyto normy jsou zatím užívány jen jako oborové normy TOS a HN.
3. **Dovolené úchytky mikronerovností drsnosti povrchu** — zatím byla vydána jen základní norma ČSN 01 4450 „Drsnost povrchu“.

Stále zvyšování jakosti všech našich průmyslových výrobků je v současné době nejnaléhavějším příkazem. Pro udržení a získání nových zahraničních odbytišť je třeba neustále zvyšovat technickou vyspělost našich závodů. Rychlý technický vývoj, neustále stoupající nároky na výkon, spolehlivost, životnost strojů odůvodňují požadavek, aby všude tam, kde je toho zapotřebí, doplnili konstruktéři i u starších, dosud používaných technických podkladů pro výrobu jednotlivých součástí, přesné údaje o dovolených úchytkách geometrického tvaru a drsnosti povrchu. Na nových výkresech měly by se již zásadně uvádět tyto údaje. Příprava výroby je povinná je respektovat a musí vypracovat technologické postupy tak, aby součásti mohly být podle nových předpisů vyrobeny, zkontrolovány a bez dalších úprav smontovány.

Pro zavedení jednotného měřítka drsnosti povrchu a pro zavedení jednotných norem nutí nás také otázka, jak přimět výrobu, aby stejné součásti byly v různých závodech vyrobeny ve stejném stupni drsnosti, aby i součásti vyrobené na různých místech byly dokonale vyměnitelné.

Metody kontroly drsnosti povrchu si můžeme zhruba rozdělit do tří základních skupin:

- a) **Kvalitativní posuzování drsnosti povrchu** — obrobené plochy srovnáváme smysly, t. j. zrakem a hmatem buď přímo, nebo pomocí jednoduchých přístrojů se vzorovými plochami.
- b) **Kvantitativní měření drsnosti povrchu** — číselné hodnoty drsnosti určujeme buď přímo přístroji, nebo nepřímo z profilových křivek.
- c) **Nepřímé kvantitativní měření drsnosti povrchu** — pomocí srovnávacích přístrojů určujeme souhrnné (integrační) hodnoty.

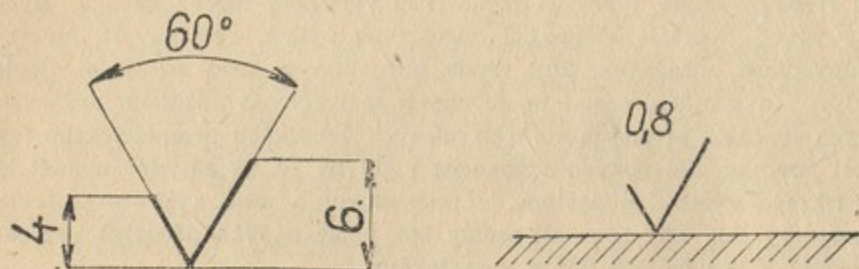
NORMALISOVÁNÍ DRSNOSTI POVRCHU.

V Československu, Sovětském svazu, všech lidově demokratických zemích, USA a jiných státech byla zvolena jako hlavní měřítko drsnosti povrchu „středně-kvadratická výška nerovnosti“ stanovená od střední čáry profilu H_{sk}

Nová československá norma drsnosti povrchu ČSN 01 4450 se stala závaznou pro celou strojírenskou výrobu od 1. dubna 1955.

Tato norma stanoví definice zvolené jednotky drsnosti povrchu a rozděluje drsnost povrchu do 17 tříd, a to od hodnoty $H_{sk} = 0,012$ do 400 μ . Za základ pro číselné hodnoty této **praktické řady** stupňů drsnosti byl zvolen každý třetí člen řady vyvolených čísel R 10 s vhodně zaokrouhlenými hodnotami. Praktická řada je opět geometrickou řadou, u níž každý další člen je dvojnásobkem členu předcházejícího. Zapamatujeme-li si tedy číselnou hodnotu jednoho stupně, umíme si snadno vytvořit celou praktickou řadu.

Na výkresech vpisují se normou stanovené hodnoty do značky pro opravování.



Uvedená čísla znamenají vždy nejvýše přípustnou hodnotu H_{sk} , která by neměla být na vyrobené ploše překročena. Značky pro opravování se kreslí většinou na obrysovou čáru součásti, nebo na prodlouženou pomocnou obrysovou čáru.

Na tab. 1 je uvedena základní řada čísel R 10, praktická řada R 10/3 a přibližné srovnání se starým označováním jakosti opracování trojúhelníčky. Toto orientační srovnání uvádí norma pouze na přechodnou dobu zavádění nového způsobu kvantitativního hodnocení drsnosti povrchu. Staré symboly pozbývají svůj význam a nemají ve skutečnosti zákonitý vztah k novým třídám jakosti opracování.

Tab. 1. uvádí zároveň přehledné srovnání čs. normy se sovětskou normou GOST 2789-51. V sovětském označování drsnosti povrchu byly zatím ponechány 1—4 trojúhelníčky jako znak pro skupinu stupňů drsnosti, k nimž se připisují čísla 1—14 udávající třídu drsnosti (číselné mezní hodnoty těchto tříd odpovídají naší praktické řadě hodnot H_{sk}). Třídy jsou očíslovány od nejhrubších povrchů ($\nabla 1$) k nejjemnějším ($\nabla \nabla \nabla \nabla 14$). Od 6. do 14. třídy, t. j. od hodnoty $H_{sk} = 3,2 \mu$ do nejjemnějších povrchů, je každá třída rozdělena ještě na tři členy základní řady, které se označují indexy a, 6, b. V případě potřeby je možno užít tohoto podrobného rozdělení; na př. pro $\nabla \nabla \nabla \nabla 126$ má být udržena drsnost v mezích $H_{sk} = 0,32$ až $0,04 \mu$.

Hlavním rozdílem proti československé normě je, že sovětská norma z roku 1951 předepisuje (z praktických důvodů měření a na žádost závodů) u nejjemnějšího opracování ve 14. a 13. třídě a u nejhrubších ploch ve 4. až 1. třídě drsnost povrchu v hodnotách H_{sr} (středních maximálních výškách nerovnosti) a ne v hodnotách H_{sk} . Také u středních stupňů, t. j. v 5. až 12. třídě drsnosti dovoluje sovětská norma posuzovat drsnost povrchu v hodnotách H_{sr} , dohodnou-li se o tom výrobce a zákazník předem. (V naší tabulce jsou tyto hodnoty označeny hranatou závorkou.)

Jako mnemotechnickou pomůcku při srovnávání označení podle ČSN a GOST z paměti je možno si zapamatovat, že třída 8 se rovná našemu $H_{sk} = 0,8 \mu$. Ostatní členy si snadno a rychle odvodíme.

Vystačí-li se v některých strojních oborech s menším počtem stupňů drsnosti než uvádí praktická řada, doporučuje se volit tyto hodnoty $H_{sk} = 0,2; 1,6; 12,5; 100 \mu$. (V tabulce jsou tyto hodnoty podtrženy.) Jsou to právě maximální hodnoty skupin drsnosti označených v sovětské normě ∇ , $\nabla \nabla$, $\nabla \nabla \nabla$ a $\nabla \nabla \nabla \nabla$.

VZORKOVNICE DRSNOSTI POVRCHU.

Kolekce vzorových ploch označených stupni drsnosti předepsaných normou jsou určeny pro kvalitativní posuzování drsnosti povrchu pomocí hmatu a zraku. Je to jednoduchá pro všechny pracovníky v kovoprůmyslu srozumitelná metoda, pomocí níž se naučí v krátké době určovat potřebnou jakost opracování jak konstruktér, tak dělník vyrobít plochy odpovídající drsnosti a kontrolor ověřovat dodržování předpisu.

I když mají povrchy vyrobené různým způsobem stejné naměřené hodnoty drsnosti, přece mají poněkud odlišné funkční vlastnosti i vzhled. **Bezpečně můžeme tedy srovnávat jen plochy opracované stejnou výrobní metodou.** Kdybychom ovšem chtěli ve vzorcích zachytit i vliv různého druhu materiálů obrobků a nástrojů, geometrii nástrojů a jiné vlivy, vzrostl by počet potřebných vzorků do nepředstavitelného množství. Jen snad tam, kde oddělování třísky probíhá podobně a nástroje jsou podobného tvaru a druhu, je možno v nejnütnějších případech použít pro srovnání také různé obrobků ploch; na př. soustružené vzorky pro hoblování a obrábění a pod.

Vzorky povrchu měly by být vyrobeny pro řadu stupňů drsnosti stanovenou normou, jen tak mohou být vzorky jednotné v celém státě. Proto by měly být zásadně obrobky tak, aby jejich skutečná drsnost odpovídala pokud možno přesně jednotlivým stupňům drsnosti, t. j. nejvýše přípustné hodnotě.

Pro výrobu znamená prakticky číselný předpis, že označená plocha součásti má být lépe opracovaná než stejně označená vzorová plocha, ale nesmí být horší. Zkušený a zručný řemeslník naučí se za velmi krátkou dobu dodržovat tento požadavek.

Při srovnání jakosti opracování nesmíme nikdy zapomínat na rozdílnost materiálu, také vzorové plochy měly by být ze stejného nebo alespoň podobného materiálu jako obrobek. Pozor musíme dát zvláště při porovnávání železných a neželezných součástí. Na př. u hliníkových a hořčíkových slitin se nám zdají při zrakovém i hmatovém srovnávání povrchy hladší než ocelové vzorky. Hlavně při zavádění vzorkovnic drsnosti povrchu by měla být častěji prováděna kontrola správného kvalitativního odhadu na měřicích strojích.

Jako osvědčený vzor jsou často používány skutečné součásti. Vhodně vybraná součást je vlastně ideálním etalonem, protože všechny její plochy jsou opracovány tímž způsobem jako u nových obrobků, i materiál je stejný.

Porovnávání norem drsnosti povrchu
ČSN a GOST

ČSN 01 4450		GOST 2789-51						
Základní řada R 10	Praktická řada H_{sk}	Staré označení	Jemná řada		Praktická řada			
			Označení na výkrese (řady drsnosti)	H_{sk} (μ) přes do	H_{sr} (μ) přes do	Označení na výkrese (řady drsnosti)	H_{sk} (μ) přes do	H_{sr} (μ) přes do
0,000			▽▽▽14 σ		až 0,03	▽▽▽▽ 14		až 0,06
0,006	0,012		▽▽▽14 a		0,03 až 0,06			
0,016			▽▽▽13 b		0,06 až 0,08			0,06 až 0,12
0,020	0,025		▽▽▽13 σ		0,08 až 0,1	▽▽▽▽ 13		
0,025			▽▽▽13 a		0,1 až 0,12			
0,032			▽▽▽12 b					
0,040			▽▽▽12 σ	0,025 až 0,032		▽▽▽▽ 12	0,025 až 0,05	[0,12 až 0,25]
0,050	0,050		▽▽▽12 a	0,032 až 0,040				
0,063			▽▽▽11 b	0,040 až 0,050				
0,080		▽▽▽	▽▽▽11 σ	0,050 až 0,063		▽▽▽▽ 11	0,050 až 0,1	[0,25 až 0,50]
0,100	0,1		▽▽▽11 a	0,063 až 0,080				
0,12			▽▽▽10 b	0,080 až 0,100				
0,16			▽▽▽10 σ	0,10 až 0,125		▽▽▽▽ 10	0,1 až 0,2	[0,5 až 0,8]
0,20	0,2		▽▽▽10 a	0,125 až 0,16				
0,25			▽▽▽9 b	0,16 až 0,2				
0,32			▽▽▽9 σ	0,2 až 0,25		▽▽▽▽ 9	0,2 až 0,4	[0,8 až 1,6]
0,40	0,4		▽▽▽9 a	0,25 až 0,32				
0,50			▽▽▽8 b	0,32 až 0,4				
0,63			▽▽▽8 σ	0,4 až 0,5		▽▽▽▽ 8	0,4 až 0,8	[1,6 až 3,2]
0,80	0,8		▽▽▽8 a	0,5 až 0,63				
				0,63 až 0,8				

1,00			▽▽▽ 7 b	0,8 až 1,0		▽▽▽▽ 7	0,8 až 1,6	[3,2 až 6,3]
1,25			▽▽▽ 7 σ	1,0 až 1,25				
1,60	1,6		▽▽▽ 7 a	1,25 až 1,6				
2,00			▽▽ 6 b	1,6 až 2,0		▽▽▽ 6	1,6 až 3,2	[6,3 až 10]
2,50	3,2	▽▽	▽▽ 6 σ	2,0 až 2,5				
3,15			▽▽ 6 a	2,5 až 3,2				
4,0						▽▽ 5	3,2 až 6,3	[10 až 20]
5,0	6,3							
8,0						▽▽ 4		20 až 40
10,0	12,5							
12,5								
16,0								
20,0	25							
25,0								
31,5	50					▽ 2		63 až 125
40,0								
50,0								
63		▽				▽ 1		125 až 200
80	100							
100								
125	200							
160								
200	400							
250								
315	800							
400								
500								
630	∞							

Tab. 1

Pro mimořádné tvary ploch a zvláštní výrobní pochody musí být užívány zvláštní vzorkovnice, jako na př. pro boky zubů ozubených kol. Takovým, dosud málo užívaným provedením vzorkovnic jsou na př. kolekce povrchů otryskaných ostrohranou a oblou ocelovou drtí a řady ploch broušených z volné ruky na plstěných kotoučích s nalepeným brusným zrnem a na pásových bruskách. Tyto vzorkovnice vypracoval Výzkumný ústav ochrany materiálu a jsou určeny pro účely galvanických a jiných druhů povrchových úprav.

GALVANOPLASTICKY ROZMNOŽOVANÉ VZORKOVNICE

Přímá výroba jednotlivých vzorků drsnosti povrchu je nejenom drahá, ale při obtížnosti dosažení právě jmenovité hodnoty drsnosti nese s sebou i nebezpečí, že při dosavadním nedostatku přesných měřicích přístrojů v našich průmyslových závodech byly by vyráběny velmi odlišné vzorky. To by mohlo vést opět ke sporům a podstatně by se snižoval význam snahy o jednoznačné posuzování jakosti opracování.

Aby při stálém každodenním používání nebyly vzorky velmi brzy znehodnoceny korozí, je potřeba je vyrábět z nerezavějící oceli. Při nedostatku vzácných legovacích kovů by bylo jistě nevhodné uvolnit pro tento účel potřebné množství nerezavějící oceli, jejíž spotřeba by byla ohromná. Proto byl zvolen pro výrobu vzorků galvanoplastický způsob rozmnožování. Touto metodou může být z jedné nebo několika pečlivě vyrobených a dobře proměřených vzorových ploch vyrobeno, při prakticky nejvyšší dosažitelné věrnosti přenosu, stovky i tisíce kopií.

Technologický postup pro tento způsob výroby v zásadě vyřešil Výzkumný ústav zvukové, obrazové a reprodukční techniky a výrobní postupy propracovaly Gramofonové závody n. p. Na vývoji vzorkovnic spolupracovaly Výzkumný ústav obráběcích strojů a obrábění a výzkumné oddělení n. p. TOS Kuřim.

Dnes vyráběná úprava vzorkovnic má 60 vzorků, které jsou uloženy po 15 kusech ve 4 kasetách. Použitý výběr vzorků byl schválen Komisí pro jakost povrchu utvořenou při ministerstvu strojírenství.

Úplná kolekce vzorků obsahuje tyto řady etalonů:

1. *kaseta* — válcové vzorky broušené obvodově od $H_{sk} = 0,025$ až $3,2 \mu$, a soustružené vzorky od $H_{sk} = 0,2$ až $12,5 \mu$,
2. *kaseta* — ploché vzorky frézované v hodnotách $H_{sk} = 1,6$ až 25μ , a to pro čelní frézování nástroji z rychlořezné oceli, čelní frézování tvrdokovovými nástroji a řadu ploch frézovaných válcovou frézou,
3. *kaseta* — válcové vzorky lapované od $H_{sk} = 0,05$ až $0,4 \mu$, ploché vzorky broušené čelně $H_{sk} = 0,1$ až $3,2 \mu$ a ploché vzorky broušené obvodově v hodnotách $H_{sk} = 0,1$ až $1,6 \mu$.

4. *kaseta* — ploché vzorky broušené čelně s křížovým výbrusem od hodnoty $H_{sk} = 0,1$ do $1,6 \mu$ a hoblované plochy nástrojem RO a nástrojem SK s hodnotami $H_{sk} = 1,6$ až 25μ .

U běžně dílensky opracovaných ploch bývá rozptyl hodnot drsnosti zjištěných na jedné a téže ploše ± 10 až 25% od střední hodnoty. Poněvadž jsou pro výrobu vhodné pouze vzorové plochy vyrobené pokud možno za běžných výrobních podmínek, musíme dovolit i u etalonů určitý přípustný rozptyl kontrolovaných hodnot.

Kontrola každého vzorku je prováděna na přístroji značky Talysurf, jehož přesnost je stále pečlivě ověřována. Údaje tohoto přístroje jsou považovány za směrodatné. Poněvadž na tomto přístroji můžeme odečítat pouze hodnoty středních aritmetických výšek mikrone rovností H_s a ne u nás normalisované hodnoty H_{sk} , jsou všechny naměřené údaje přepočteny podle takto stanovených středních průměrů hodnot H_{sk}/H_s :

pro soustružení 1,2; broušení 1,1; frézování čelní 1,1; frézování válcovou frézou 1,2; lapování 1,3; hoblování 1,16.

Podle naměřených hodnot drsnosti a vzhledové dokonalosti budou na základě předběžných technických podmínek Gramofonových závodů značky Mkg 202/55/2 pro vzorkovnice drsnosti vyráběné galvanoplastickou metodou, typové značky VP-1 dodávány kolekce vzorků, nebo jednotlivé kasety v 1. a 2. stupni přesnosti.

V souhlase s normalisovanými stupni výrobní přesnosti základních měrek a měřidel, je 0 stupeň přesnosti rezervován pro „geometrické vzorky“ určené v budoucnu pro jednotné seřizování přístrojů.

Do kaset 1. stupně přesnosti jsou vybírány vzorky s nepatrnými vzhledovými závadami, u nichž jsou hodnoty drsnosti dodrženy v těchto tolerancích:

U vzorku s rozsahem hodnot H_{sk}

0,025 až 0,2	+ 20% — 30%
0,4 až 1,6	+ 10% — 10%
3,2 až 6,3	+ 15% — 15% mimo broušeného 3,2
12,5 až 25	+ 20% — 25%

Malé rysky a závady způsobené na př. při měření hrotem měřicího přístroje, nebo přenesené s původních originálů není možno počítat za vzhledové závady, nevyskytují-li se na čelní ploše ve skupině.

Nedílnou součástí vzorkovnic 1. stupně přesnosti je průvodní list, na kterém jsou vypsány pro každý vzorek uložený v kasetě středy naměřených hodnot H_s stanovené nejméně ze tří hodnot naměřených na profilometru, přepočtené hodnoty H_{sk} z naměřených hodnot H_s a hodnota H_{max} stanovená nejméně z jednoho grafického záznamu.

Kolekce 1. stupně přesnosti jsou určeny hlavně jako kontrolní vzorkovnice.

Do kaset 2. stupně jsou vybírány vzorky vzhledově bez chyb, nebo s malými vzhledovými závadami, u nichž je drsnost povrchu dodržena v těchto tolerancích:

0,025 až 0,2	+ 20% — 30%
0,4 až 1,6	+ 20% — 25%
3,2 až 12,5	+ 25% — 50%
25	tolerance nezaručena

K zařazení vzorků do této skupiny stačí již jedno měření. Ke kasetám jsou přiloženy průvodní listy, ve kterých jsou zaznamenány hodnoty H_s a H_{sk} pro každý vzorek uložený v kasetě.

P o z n á m k a :

Na přechodnou dobu nebude v první kasetě dodáván nejjemnější broušený vzorek v hodnotě $H_{sk} = 0,025 \mu$. Dosud se totiž nepodařilo vyrobit jeho originál na kovu, z něhož jsou vyrobeny originály všech ostatních vzorků a s něhož umíme bezpečně sejmout otisk.

Podle průběhu mezinárodních dohod komise ISO-TC/57, stane se pravděpodobně v dohledné době mezinárodním měřítkem drsnosti povrchu hodnota H_s . S ohledem na to jsou po dohodě s Úřadem pro normalisaci vztaženy již jmenovité hodnoty našich originálů a jejich pozitivních snímků k hodnotám H_s a ne H_{sk} , jak předpisuje československá norma. Na průvodních listech jsou pro orientaci uvedeny přepočítané hodnoty H_{sk} .

V pozdější době bude prováděna kontrola originálů vzorků i jejich galvanoplastických otisků na profilometrech tuzemské výroby.

Připravuje se výroba menších kolekcí vzorků, určených vždy jen pro jeden způsob opracování a miniaturní příruční provedení vzorků, uspořádaných ve tvaru kruhových výsečí na tenkých kruhových destičkách. Pro zvýšení spolehlivosti vzhlédového porovnávání budou tyto kruhové vzorky umístěny otočně v zorném poli kladívkové lupy s vlastním plastickým osvětlením a budou při stejném zvětšení pozorovány zároveň s plochou obrobku.

Ideální by bylo, kdyby u každého stroje byla menší řada vzorků, alespoň v rozsahu hodnot drsnosti odpovídající místním potřebám výroby. Vzorkovnice by se měly stát tak běžnou výrobní pomůckou, jako jsou na př. posuvná měřidla.

SPOLEHLIVOST ODHADU PODLE VZORKOVNIC.

Spolehlivost našich porovnávacích odhadů je omezena rozlišovací schopností lidských smyslů, případně fyzikálními vlastnostmi pomůcek (nejčastěji optických), kterých někdy používáme pro zvýšení spolehlivosti odhadů.

Rozlišovací schopnost oka je dána vzdáleností citlivých tělísek na jeho sítnici; ta bývá přibližně 4μ . Na vzdálenost zřetelného vidění, t. j. asi 25 cm, může lidské oko rozlišit nejvýše dva body, vzdálené od sebe nejméně 70μ .

Naproti tomu pod pokožkou bříška prstu je přibližně 100 až 150 hmatových tělísek na 1 cm^2 . Při klidném položení prstu na dva hroty, vzdálené 3 až 4 mm nepoznáme ještě bezpečně hmatem, zda se jedná o jeden nebo dva body. Ale při pohybu prstu je naše hmatová vnímavost podstatně zvýšena. Jakmile jsou mikronerovnosti alespoň částečně pravidelně rozloženy, což bývá u strojně opracovaných ploch, stane se při rovnoměrném pohybu prstu hmatové podráždění rytmickým. Největší citlivosti dosáhneme asi při 70 impulsích za vteřinu, t. j. přibližně při rychlosti pohybu prstu 3 až 5 cm za vteřinu. Proto cvičený hmat kontrola může rozlišit až $0,1 \mu$ rozdíl hodnot H_{sk} u dvou ploch opracovaných stejným způsobem. U hodnot H_{sk} menších než $0,1 \mu$ není již hmatové porovnání spolehlivé.

Rozlišovací schopnost optického mikroskopu je omezena fyzikálními vlastnostmi světla na $1/2$ vlnové délky použitého světla, t. j. teoreticky asi na $1/4 \mu$. Prakticky nemůžeme počítat s větší spolehlivostí odhadu než jeden mikron. Cvičený hmat je tedy citlivější než nejdokonalejší optický mikroskop.

Znovu si připomeňme, že rozdílnost materiálu může zhoršit nejenom zrakové porovnání, ale může značně ovlivnit i hmatový vjem. Zkušební kontrolaři používají proto pro zvýšení citlivosti hmatu nehtu, okraj mince a jiných pomůcek. S ohledem na to, že povrch našich, galvanoplasticky vyrobených vzorků je chráněn jen tenkou vrstvou niklu, doporučujeme, aby při hmatovém srovnávání bylo užíváno jen bříška čistého prstu, nejvýše nehtu. Jiné tvrdé předměty by velmi rychle poškodily vzorové plochy.

Při praktickém ověřování spolehlivosti odhadu a spolehlivosti výroby podle vzorkovnic v několika našich závodech byl výsledek překvapující. Přestože zkoušky byly provedeny s lidmi, kteří museli být teprve alespoň stručně poučeni o novém značení jakosti opracování a o způsobu srovnávání drsnosti povrchu se vzorky, byla velká většina odhadů naprosto správných. Také v některých odděleních závodů, kde jsou nové vzorkovnice povrchu používány již delší dobu, lišily se, zvláště u broušených povrchů, naměřené hodnoty drsnosti jen výjimečně o více než jednu jakostní třídu od předepsaných hodnot. A naopak na plochách označených po staru na př. třemi trojúhelníčky byly naměřeny nejrůznější hodnoty drsnosti od nejjemnějších do velmi hrubých.

Je zřejmé, že brzy po řádně organizovaném zavedení vzorkovnic drsnosti povrchu ve všech našich závodech, po zaškolení dělníků, kontrolorů a techniků, může být, při dobré vůli, vzhlédové a hmatové srovnání se vzorky opracování dostatečně přesnou metodou pro běžnou provozní potřebu. Po získání zkušeností bude možné kontrolovat prakticky povrchy každé velikosti, tvaru a materiálu.

Vzorky drsnosti povrchu jsou vhodné také při posuzování jakosti opracování pomocí srovnávacích mikroskopů. Tyto přístroje mají většinou dvojitou samostatnou optiku a v zorném poli vidíme obě plochy zároveň, srovnávanou, i plochu o známé hodnotě drsnosti. V roce 1956 bude vyrábět již také náš n. p. Meopta malé příruční srovnávací mikroskopy.

Vzorkovnice bude možné používat při měření s dílenskými pneumatickými komparátory na měření drsnosti povrchu. Po zdokonalení budou jistě tyto přístroje oblíbeny pro svoji citlivost, jednoduchost a robustnost, snadnou obsluhu i pro svoji nízkou cenu.

HODNOTY DRSNOSTI DOSAŽITELNÉ PŘI BĚŽNÉM OBRÁBĚNÍ.

Již při předepisování jakosti opracování na výkresech měl by si každý konstruktér uvědomit, jakým způsobem bude každá plocha vyrobena a měl by při tom vědět, jaké drsnosti povrchu se dá zvoleným způsobem obrábění hospodárně dosáhnout, nebo lze vůbec dosáhnout. Totéž si musí dobře uvědomit i technologové a kontroloři.

Na tab. 2. jsou uvedeny stupně drsnosti povrchu, které lze ještě běžně vyrobit jednotlivými druhy obrábění na strojích, které jsou udržovány v dobrém stavu. Hodnot uvedených v závorkách lze dosáhnout jen za zvláštních podmínek.

Je také dokázáno, že opracování před konečnou úpravou povrchu může mít hlubší a stálý vliv na průběh opotřebení součástí, často větší než konečná drsnost povrchu. Tato poznámka je výzvou hlavně k technologům, aby u důležitých součástí volili pečlivě technologické postupy. V mnohých případech měl by při volbě požadované jakosti opracování spolupracovat konstruktér s technologem.

VOLBA STUPŇŮ DRSNOSTI POVRCHU.

Stanovení potřebného stupně drsnosti povrchu je zodpovědným úkolem konstruktéra. Jen on zná již před vyrobením podrobně funkci každé součásti a ví za jakých podmínek bude pracovat.

Vztahy mezi drsností povrchu a funkcí součásti jsou velmi složité a dosud nejsou tak jasné, aby bylo možné stanovit jednoznačně všeobecně platné směrnice pro volbu nejvhodnějších stupňů drsnosti u každé plochy součásti. V rámci poznámek k používání vzorkovnic drsnosti povrchu nemůžeme se zabývat podrobněji těmito důležitými otázkami a chceme upozornit jen na několik základních zásad.

Ze všeobecných pravidel jsou to:

- Hlavním vodítkem pro volbu drsnosti povrchu musí být vždy funkce součásti.
- Všude tam, kde jsou plochy ve stálém nebo dočasném vzájemném styku, musí být posuzována vždy dvojice ploch zároveň.
- S ohledem na hospodárnost výroby měli bychom volit vždy největší (funkčně vyhovující) drsnost povrchu.

Hodnoty drsnosti dosažitelné při běžných obráběcích pochodech.

Druh opracování	Drsnost povrchu H_s (μ)
Soustružení:	
a) jemné	1,6 (0,8)
b) velmi jemné barevných kovů diamantovým nástrojem	0,2
Vyvrátávání:	
a) jemné	1,6 (0,8)
b) velmi jemné barevných kovů diamantovým nástrojem	0,4 až 0,2
Broušení:	
1. broušení do kulata:	
a) obvodové jemné	0,4 (0,2)
b) zvláště jemné speciálními kotouči (na př. hlavní vřetena, mezní trny atd.)	0,025
c) bezhrté	0,4 (0,2)
2. broušení vnitřní:	
a) jemné do \varnothing 40 mm	0,4
přes \varnothing 40 mm	0,4 (0,2)
b) zvláště jemné speciálními kotouči (na př. dráhy valivých ložisek)	0,025
3. broušení na plocho:	
a) obvodové	0,4 (0,2)
b) čelní	0,4 (0,2)
c) čelní — křížový výbrus	0,4 (0,2)
Hoblování:	
a) jemné	3,2 (1,6)
b) zvláště jemné	1,6 (0,8)
Protahování:	
a) jemné	0,8
Vystružování:	0,8 (0,4)
Frézování:	
1. frézování čelní:	
a) jemné	3,2 (1,6)
b) velmi jemné barevných kovů	0,8
2. frézování válcovou frézou:	
a) jemné	3,2 (1,6)
Lapování:	
a) jemné	0,1
b) velmi jemné	0,05 až 0,005
Honování a superfiniš:	
a) jemné	0,1
b) velmi jemné	0,025

V tabulce uvedené hodnoty drsnosti povrchu jsou běžně dosažitelné stupně drsnosti podle ČSN 01 4451 při jemném obrábění. v závorkách uvedené stupně drsnosti je možno dosáhnout jen za zvláštních podmínek.

Tab. 2

- d) Vnitřní plochy děr se opracovávají obtížněji než vnější plochy; proto si můžeme dovolit předepsat pro běžné výrobní způsoby u děr jen výjimečně nižší hodnoty než $H_{sk} = 0,4 \mu$. Pro lapování, honování a superfiniš je ovšem běžně dosažitelná drsnost povrchu $H_{sk} = 0,1$ až $0,025 \mu$.
- e) Zpravidla tam, kde volíme užší výrobní rozměrové tolerance, musíme volit i lepší jakost opracování.
- f) Stejně důležitým kritériem pro volbu drsnosti povrchu je velikost a druh dovolený úchylek geometrického tvaru (jako kruhovitosti, rovinnosti, válcovitosti, kuželovitosti a pod.). Při tom by si měl konstruktér uvědomit, že úchytky geometrického tvaru jsou často větší závadou než vlastní drsnost povrchu. To platí zvláště u velkých částí.
- g) Ve většině případů stanoví konstruktér pouze potřebnou drsnost povrchu a teprve technolog volí způsob výroby. Ovšem také konstruktér by si měl vždycky uvědomit, jakým způsobem bude součást vyrobena a v důležitých případech měl by za spolupráce technologa předepsat i nevhodnější způsob opracování.
- h) Jakost opracování zaškrabaných ploch není vhodné určovat v hodnotách H_{sk}

Několik dalších obecných zásad a vztahů drsnosti povrchu k funkci součástí si můžeme uvést pro kluzná uložení a pro pevná uložení nalisovaná a narážená.

- ch) U kluzných uložení točných je jedním z nejdůležitějších faktorů pro volbu drsnosti opotřebení. Opotřebením mikronerovností může se zvětšit vůle v ložisku tak, že součásti přejdou do nevhodného volnějšího druhu uložení, tím se zmenší přesnost a tuhost stroje a zhorší se ještě další jeho vlastnosti.
- i) Neméně důležitým vodítkem pro volbu drsnosti povrchu u kluzných uložení musí být ohled na dokonalé mazání. U nepravidelných povrchů stoupá vysoko specifický tlak na vyčnívajících špičkách mikronerovností a snaží se prorazit olejový film, dochází ke kovovému styku obou ploch a k jejich rychlému opotřebení, teplota stoupá, případně se ložisko i zadře.
- j) Čím hrubší je povrch, tím musíme volit viskosnější mazivo, aby zakrylo všechny mikronerovnosti a tím musí být i větší vůle v ložisku. Větší vůle zhoršuje však přesnost a tuhost stroje; viskosnější mazivo zvětšuje opět mechanické ztráty v ložisku.
- k) Vysokou hladkost kluzně uložených ploch volíme především při velkých obvodových rychlostech, kde používáme olejů o nízké viskozitě.
- l) Při malých rychlostech a tlakovém mazání u rychloběžných ložisek, kdy čep bezpečně plave v oleji, nebyla by využita příliš vysoká jakost opracování.
- m) Pokud není zaručeno, že plochy budou odděleny olejovou vrstvou, t. j. u suchého a polosuchého tření, má drsnost povrchu značný vliv na nosnost ložiska. Čím lepší je opracování, tím větší je skutečná styková plocha a tím

je nižší měrný tlak. Kritickou rychlostí jsou malé obvodové rychlosti do $0,5 \text{ m/sec}$, t. j. do přibližné hranice mezi polosuchým a kapalným třením.

- n) U kluzných uložení točných volíme zpravidla jemnější opracování u hřídelů než u děr. A to nejenom z výrobních důvodů, ale také proto, že pouzdra jsou vyráběna z měkčího materiálu než hřídele a zaběháním se většinou upraví velmi rychle jejich drsnost povrchu na jakousi optimální jakost, odpovídající provozním podmínkám.
- o) Drobné stopy po opracování tvoří u kluzkých uložení přirozené zásobníky oleje, které pomáhají při tvoření a udržování souvislého olejového filmu.
- p) Důležitý je i směr stop po opracování. Jestliže jsou stopy po nástroji orientované kolmo k relativnímu pohybu součástí, je potřeba volit jemnější opracování.

Často se vyskytuje u našich techniků mylný názor, že u nalisovaných a narážených součástí nezáleží na jakosti opracování. Nejdůležitější podmínkou pro dodržení předpokládané pevnosti těchto druhů spojení je, aby byly dodrženy přesahy a tím i měrné tlaky, se kterými počítal konstruktér.

- q) Část přesahů naměřených dotykovými měřidly zaujímají mikronerovnosti, které se při nalisování plasticky deformují, a s tímto, poměrně velkým zmenšením přesahů musí konstruktér počítat.

U malých průměrů a u kovů vyšší pevnosti mění se velmi rychle měrný tlak ve spáře i při nepatrných odchylkách předepsaného přesahu; proto musíme v těchto případech volit jemnější opracování.

U velkých průměrů a u kovů menší pevnosti nezpůsobí zmenšení přesahu, vzniklé vlivem deformování mikronerovností, již tak velký pokles měrného tlaku.

- r) Zvláště v případech, kde předpokládáme, že součásti budou několikrát nalisovány a znovu rozebrány, musíme volit jemnější opracování.
- s) V moderních výpočtech pevnosti nalisovaných uložení počítá konstruktér již také se součinitelem tření, který se mění nejenom s jakostí opracování, ale i s druhem opracování.
- t) Se stoupajícím měrným tlakem se vždycky součinitel tření zmenšuje.
- u) U nalisovaných uložení je u jemně opracovaných povrchů součinitel tření větší při malých měrných tlacích a se vzrůstajícím tlakem prudce klesá jeho hodnota.
- v) Při spojení drsnějších styčných ploch je počáteční součinitel tření menší, ale zato při zvětšování měrného tlaku klesá mnohem pomaleji.
- x) Nalisovaná uložení montovaná s přesahem jsou 1,2 až 2 krát bezpečnější než zjistíme výpočtem. Tato záloha bezpečnosti je způsobena tím, že součinitel tření v klidu je větší než v pohybu, kdy jej měříme.

- y) Také u nefunkčních ploch nesmíme často překročit určitý stupeň drsnosti, ať už z důvodů vzhledových, bezpečnostních nebo mechanické vyváženosti, pro příjemný dotyk rukou, pro zvýšení vrubové pevnosti a pod.
- z) Stejně, jako je dobrá funkce strojních součástí zaručena pouze při vhodné drsnosti povrchu, dosahuje se jakostních a trvalých povrchových úprav jen při určité jakosti opracování součástí. S drsností povrchu souvisí také vzdornost proti korozi, konečný vzhled nátěrů a jejich trvanlivost, spotřeba nátěrových hmot, jakost povrchových vrstev nanesených galvanicky, nastříkaných umělých hmot a pod. Studium vztahů drsnosti povrchu v tomto důležitém speciálním výrobním oboru se u nás zabývá Výzkumný ústav ochrany materiálu G. V. Akimova (Praha-Holešovice, U měšťanského pivovaru 4).

Celou takovou abecedu základních zásad a mnohem více dalších vlivů musí konstruktér pečlivě sledovat, jestliže má určit nejvhodnější stupeň drsnosti povrchu u každé plochy výrobku. Jednoznačné označování jakosti opracování vyžaduje od něho značně větší technické znalosti než staré, celkem pohodlné značení opracování, ale zároveň je mu dána do rukou možnost i zodpovědnost zajistit mnohem bezpečněji správnou funkci mechanismů. Tak to vyžadují soudobé stroje a dovoluje dnešní vyspělá technologie.

Hlavně po dobu zavádění nového způsobu označování drsnosti povrchu potřebovali by konstruktéři podrobnější směrnice s mnoha příklady konkrétních číselných hodnot. Jako podklad pro sestavení přesných pravidel budou muset být provedena rozsáhlá měření nejenom v laboratořích, ale i ve výrobě, bude muset být provedeno mnoho funkčních zkoušek, sledována drsnost zaběhaných součástek a vyřešeno mnoho dalších výzkumných problémů. Jen za poctivé spolupráce mnoha provozních techniků a výzkumných pracovníků bude možné vypracovat v přijatelně krátké době tyto důležité výrobní podklady.

Poněvadž různé druhy strojírenské výroby mají odlišné požadavky na přesnost, spolehlivost a životnost svých výrobků, budou muset být ověřena pravidla pro volbu stupňů drsnosti povrchu alespoň pro hlavní průmyslová odvětví zvláště, na př. pro letecký a automobilní průmysl, jemnou mechaniku, hospodářské stroje, výrobu zbraní, dopravních a zdvihacích strojů a pod.

Zatím byly u nás vypracovány takové směrnice pouze pro součásti obráběcích strojů a vydány jako prozatímní oborová norma TOS 20 7011. I když by nebylo správné užívat bez úpravy těchto tabulek pro jiné druhy výrobků, mohou být jedním z orientačních vodítek pro vytvoření obdobných směrnic pro další obory strojírenské výroby. V našem ústředně řízeném národním hospodářství bylo by účelnější a hospodárnější, aby práce na směrnících pro volbu drsnosti povrchu ve všech strojírenských oborech byly usměrňovány z jednoho pracoviště, kde by se zároveň soustřeďovaly zkušenosti z tohoto mladého technického oboru a byly dál předávány. Jen tak bude možné, aby také u nás nevznikly při dosavadních malých zkušenostech s měřením drsnosti povrchu

zcela rozdílné předpisy, které by byly nakonec příčinou dalších sporů, místo aby je odstraňovaly. Podle rozhodnutí ministerstva strojírenství bude zatím takovým ústředním pracovištěm Výzkumný ústav obráběcích strojů a obrábění (Praha-Libeň, Na Žertvách 24). V normalizačním oddělení tohoto ústavu mohou si závody vyžádat jako vzor také jmenované normy TOS.

Pokud nebude v našich závodech dostatek přesných měřicích přístrojů, budou kolekce oceňovaných vzorových ploch nedocenitelnou a často jedinou pomůckou jak ve výrobě, tak v kontrole i v projekčních kancelářích. Vzorkovnice se stanou stálým pomocníkem při sestavování a zdokonalování pravidel pro volbu stupňů drsnosti i pro určení vhodné drsnosti povrchů a způsobů opracování jednotlivých ploch součástí.

Vydaly Gramofonové závody n. p. ve spolupráci s Výzkumným ústavem obráběcích strojů a obrábění.