

Stanovení optimálního tryskacího prostředku pro sjednocení povrchu nerezových dílů

Ing. Alexander Sedláček, Ph.D., Ing. Karel Muzika

Při výrobě dílů a konstrukcí z nerezových ocelových materiálů je kladen důraz kromě korozní odolnosti také v řadě případů i na vizuální kvalitu.

Kromě broušení či leštění povrchu mechanickým způsobem se můžeme v technické praxi setkat s chemickým mořením, které se používá hlavně na odmořování svarových spojů a tepelně ovlivněných oblastí nebo elektrochemickým leštěním.

Otryskání povrchu nám dává možnosti jednak odstranění okujů a korozních produktů a dalších nečistot ulpělých na povrchu dílu, ale i sjednocení povrchu do tzv. sametového povrchu. Zde se ve většině případů nedá hovořit o lesku, ale o sjednoceném povrchu, který z části může odstranit v některých případech rýhy od broušení, sníží výslednou drsnost povrchu – povrch konstrukce má celistvý charakter. Takto upravené díly mají vyšší korozní odolnost než povrchy bez otryskání.

Vhodné tryskací prostředky

Tryskací prostředek je nástroj, který má charakter pevné látky nebo kapaliny, popřípadě je směsí obou jmenovaných látek.

Volba tryskacího prostředku má zásadní vliv na výsledné požadované vlastnosti opracovávaného povrchu. Jeho správné určení ovlivňuje dále životnost tryskacích zařízení a zároveň i výši nákladů na technologii tryskání.

Tryskací prostředky (abraziva) pro otryskávání povrchu za účelem sjednocení nerezových povrchů je možné obecně dělit podle několika hledisek. Základní dělení je podle typu materiálu, z něhož jsou vyrobeny, t.j. na kovové a nekovové. Podle jejich původu je můžeme dělit na přírodní nebo

syntetické. Dále tryskací prostředky dělíme podle tvaru na ostrohranné (drtě) nebo oblé-kulaté (granuláty). Mezi nekovové kulaté tryskací prostředky řadíme (tab. 1):

- balotinu (skleněné kuličky);
- keramický granulát – Zirkonoxid.

Balotina

Balotinou (obr. 1) jsou označovány mikrokuličky ze sodného skla (tvrdost dle Mohsovy stupnice 6 až 7, průměrná hustota 2450 až 2500 kg.m^{-3} , sypaná objemová hmotnost $1,5 \text{ kg.l}^{-1}$), které se používají především pro:



Obr. 1 - Balotina (zvětšení 20x)

Tab. 1 - Základní parametry vybraných oblých-kulatých tryskacích prostředků

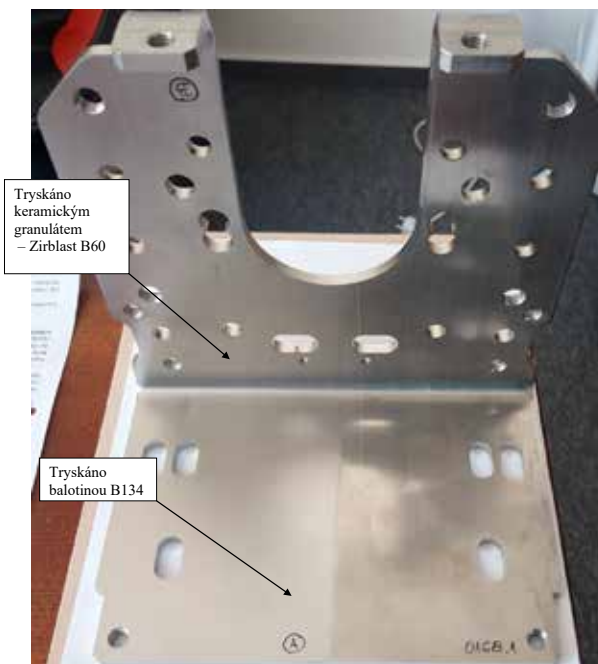
abrazivo	specifická hmotnost [kg.dm^{-3}]	objemová hmotnost [kg.l^{-1}]	tvrdost	zrnitost [mm]	tvar zrna	životnost [cyklů]
balotina	2,45 až 2,55	1,4 až 1,5	48 až 50 HRC 6 až 7 Mohs	0,110 až 0,850	oblý-kulatý	5 až 50
keramický granulát	3,85	2,30	50 až 56 HRC 700 HV1	0,150 až 1,180	oblý-kulatý	60

- tryskání nerezových ocelí;
- tryskání a leštění hliníkových slitin a jiných barevných kovů;
- leštění defektů po galvanickém zinkování;
- čištění forem a lisovacích nástrojů;
- jemné zdršňování povrchu;
- odstraňování otřepů;
- zpevňování povrchu.

Tryskání balotinou je vhodné pro odstranění otřepů a k prvotnímu ošetření řezacích nástrojů, chirurgic-

Tab. 4 - Orientační chemické složení Zirblastu

ZrO ₂	SiO ₂	Ostatní
67%	30%	3%



Obr. 2 - Vzorek 0168.1 (A – balotina), (B – Zirblast), pravá strana vzorku netryskána

Tab. 2 - Orientační chemické složení balotiny

SiO ₂	Na ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	ostatní
min. 65%	min. 14%	min. 8%	min. 2,5%	min. 0,5–2,0%	max. 0,15%	max. 2%

Tab. 3 - Používaný sortiment balotiny podle zrnitosti

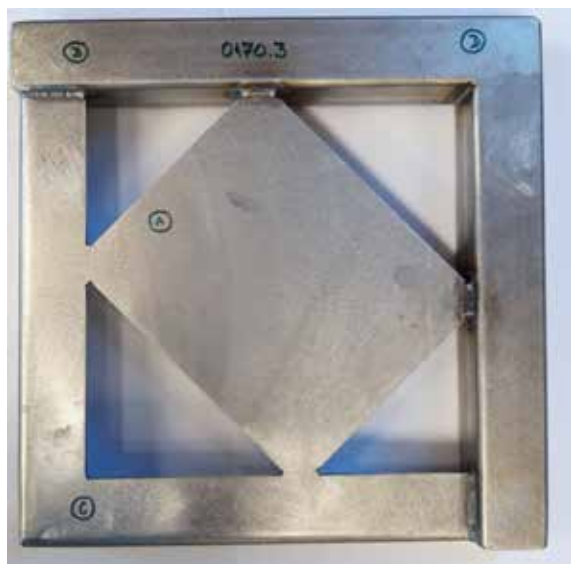
Označení	B6	B7	B8	B9	B10	B112	B134	B159
Rozměr zrna (mm)	0,7 až 0,85	0,57 až 0,7	0,43 až 0,57	0,325 až 0,43	0,2 až 0,3	0,150 až 0,25	0,1 až 0,2	0,07 až 0,11

Tab. 5 - Používaný sortiment Zirblastu podle zrnitosti

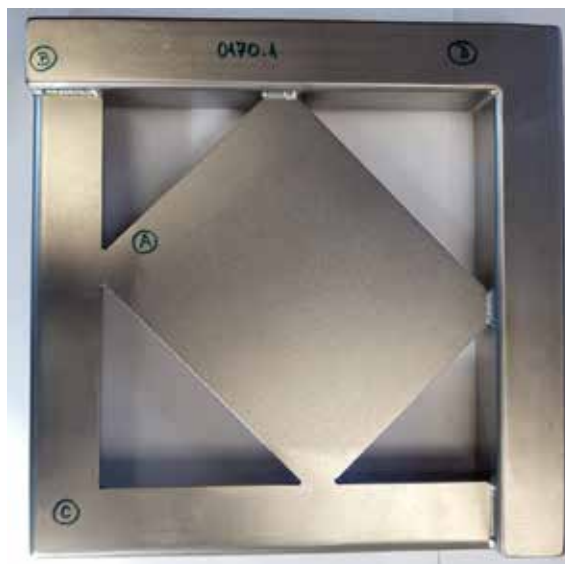
Označení	B20	B30	B40	B60	B120	B125
Rozměr zrna (mm)	0,600 až 0,850	0,425 až 0,600	0,250 až 0,425	0,125 až 0,250	0,070 až 0,125	0 až 0,125

Tab. 6 - Používaný sortiment Zirshotu podle zrnitosti

Označení	Z150	Z210	Z300	Z425	Z600	Z850
Rozměr zrna (mm)	0,150 až 0,210	0,210 až 0,300	0,300 až 0,425	0,425 až 0,600	0,600 až 0,850	0,850 až 1,180



Obr. 3 - Vzorek 0170.3 – netryskáno



Obr. 4 - Vzorek 0170.1 (tryskáno balotinou B134)

kých nástrojů, elektronických prvků, odstranění stop po obráběcích nástrojích a pro finální úpravu povrchu skla, šperků, dentálních přístrojů aj. Povrchová úprava balotinou bývá většinou finální, ale velmi často se povrch ještě lakuje nebo chemicky pasivuje, např. aby se zamezilo zanechávání „otisků prstů“ obsluhy atd.

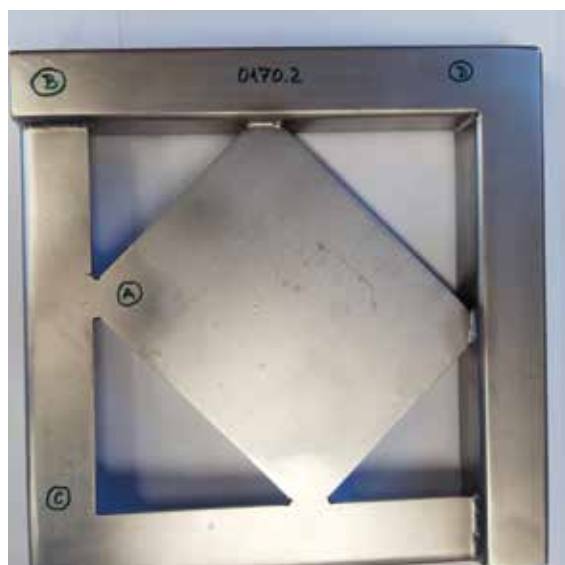
Výhodou tohoto tryskacího prostředku je jeho chemická stálost, toxikologická a ekologická nezávadnost, nehořlavost a nevybušnost (tab. 2). Materiál lze skladovat neomezeně dlouho, přičemž při volném přístupu vzduchu nehrozí ztráta sypkosti ani přebírání vzdušné vlhkosti.

Tryskání balotinou patří mezi moderní povrchové úpravy povrchu korozivzdorných ocelí. Tryská se stlačeným vzduchem – pneumaticky (tlakově nebo injektorově), tlakem stlačeného vzduchu cca 3 až 5 bar. Výsledný otryskaný povrch bývá při použití s velmi jemnou zrnitostí jemný až lapovaný (dosahuje se saténového lesku), při použití větších zrnitostí se může vytvářet jemný kladívkový rastr (tab. 3).

Důležitou podmínkou je, aby komora (kabina) tryskacího zařízení, kde se otryskává balotinou, neobsahovala součásti ani jiná zařízení z uhlíkové oceli. Mohlo by dojít k otěru těchto částí abrazivem, jeho znečištění a kontaminaci otryskaného povrchu uhlíkovou ocelí a následně vlivem vnějších vlivů k její nežádoucí korozi.

Významnou aplikací balotiny je tzv. zpevňování povrchu (Shot peening). Zvyšuje povrchovou tvrdost, únavovou pevnost dynamicky namáhaných součástí a korozní pevnost, zabraňuje koroznímu praskání, mezikrystalové korozi aj.

Bylo prokázáno, že balotinování zvyšuje životnost o desítky až stovky procent. Zlepšení mechanických vlastností materiálů po balotinování umožňuje



Obr. 5 - Vzorek 0170.2 (tryskáno Zirblastem B60)

zmenšení rozměrů a tím hmotnosti součástí, případně náhradu dražšího materiálu levnějším.

Keramický tryskací prostředek

Keramické abrazivo představuje relativně nový materiál v technologii tryskání. Ve většině případů se jedná o materiály, které jsou pro účely tryskání využívány až ve formě drcených keramických odpadních produktů. Cílená výroba keramického abraziva je spíše ojedinělá, jedním z předních světových výrobců je francouzská firma Saint-Gobain ZirPro, která vyrábí keramické granuláty ve dvou modifikacích:

- Zirblast - keramický granulát pro běžné tryskání (tab. 4 a 5);

- Zirshot - keramický granulát pro zpevňování povrchu (tab. 6).

V případě keramického granulátu Zirblast se jedná o tavené keramické mikrokuličky se specifickou hmotností 3850 kg.m^{-3} (sytná objemová hmotnost $2,3 \text{ kg.l}^{-1}$), které dosahují tvrdosti až 700 HV 1 (50 – 65 HRC) a modulu pružnosti ve smyku G až 330 GPa. Díky tomu, že keramika má větší hustotu a tím i hmotnost než balotina, má Zirblast větší účinnost než balotina.

Mezi přednosti keramického abraziva patří především nízká prašnost, vysoká životnost abraziva (až 60 pracovních cyklů) a tím i snížená jeho spotřeba, vysoký až extrémní stupeň recyklovatelnosti, vysoká kvalita dosahovaného povrchu, razantní zvýšení

únavové pevnosti při zpevňování povrchu (až o 25%) a prodloužení životnosti dynamicky namáhaných součástí (až 40x) a chemická inertnost.

Hlavní nevýhodou keramického abraziva je vysoká pořizovací cena, která se pohybuje řádově až ve statisících Kč za tunu. Přesto ale nachází nezastupitelné uplatnění v náročných aplikacích v automobilovém, jaderném, chemickém, potravinářském a zdravotnickém průmyslu. Keramické abrazivo se využívá zejména pro:

- zpevňování povrchu (shot peening);
- čištění povrchu (např. řezných nástrojů);
- dokončování hladkého povrchu;
- odstraňování barev a laků;
- odstranění otřepů;
- odstranění okují;
- leštění.



Obr. 6 - Stopy po broušení jsou viditelné i po otryskání

Tab. 7 - Seznam vzorků s popisem

Číslo vzorku	Popis	Tryskací medium	Číslo obrázku
0168.1 (A)	Ohýbaný díl (plech) z nerezového materiálu tloušťky 6 mm	Balotina B134	2
0168.1 (B)	Ohýbaný díl z nerezového materiálu tloušťky 6 mm	Zirblast B60	2
0169.1	Nerezový plech tloušťky 2 mm	Zirblast B60	
0169.2	Nerezový plech tloušťky 2 mm	Zirblast B60	
0169.3	Nerezový plech tloušťky 2 mm	Balotina B134	
0169.4	Nerezový plech tloušťky 2 mm	Balotina B134	
0170.1	Rámeček z jeklu a úhelníku tl. 2 mm + deska tl. 10 mm	Balotina B134	4
0170.2	Rámeček z jeklu a úhelníku tl. 2 mm + deska tl. 10 mm	Zirblast B60	5
0170.3	Rámeček z jeklu a úhelníku tl. 2 mm + deska tl. 10 mm	NETRYSKÁNO	3

Experimentální část

Experimenty byly prováděny na základě zadání zákazníka, kde bylo požadováno sjednocení povrchu s dosažením parametru drsnosti Ra menším než 1 µm.

Pro účely sjednocení povrchu byly vybrány různé hutní materiály (tenké a tlusté plechy, ohýbané a svařované profily), vše z chromniklové oceli 18/10, konkrétně plech z materiálu AISI 304 – tloušťka 2 mm,

Tab. 8 - Parametry otryskání a drsnosti pro vzorky z plechu 0168 a 0169

Vzorek č.	Tryskací médium	Tlak (bar)	Tryskací čas (s)	1. Ra	2. Ra	3. Ra	4. Ra	5. Ra	Min. Ra	Max. Ra	Průměr Ra
				[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]
0168.1 (A)	Balotina B134	3	40	1,688	0,635	0,750	0,621	0,661	0,621	1,688	0,871
0168.1 (B)	Zirblast B60	2	30	0,905	0,770	0,756	0,773	0,737	0,737	0,905	0,788
0169.1	Zirblast B60	2	33	0,622	0,633	0,541	0,583	0,625	0,541	0,633	0,601
0169.2	Zirblast B60	3	33	1,114	1,034	0,845	0,995	0,965	0,845	1,114	0,991
0169.3	Balotina B134	2	35	0,489	0,427	0,512	0,518	0,623	0,427	0,623	0,514
0169.4	Balotina B134	3	35	0,734	0,798	0,81	0,867	0,7	0,7	0,867	0,782

Tab. 9 - Parametry otryskání a drsnosti pro svařovaný díl - vzorek 0170

Vzorek č.	Tryskací médium	Tlak (bar)	Trys. čas (s)	1. Ra	2. Ra	3. Ra	4. Ra	5. Ra	Min. Ra	Max. Ra	Průměr. Ra
				[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]
0170.1	Balotina B134	3	720								
A - plech				3,598	3,048	3,146	2,182	3,809	2,182	3,809	3,156
B - jekl				0,895	0,873	1,008	1,002	1,111	0,873	1,111	0,978
C (úhelník)				0,762	0,776	0,799	0,804	1,100	0,762	1,1	0,848
D (roh jeklu)				0,832	0,764	0,913	0,907	0,872	0,764	0,913	0,857
0170.2	Zirblast B60	3	360								
A - plech				1,419	1,390	1,653	3,169	3,068	1,39	3,169	2,139
B - jekl				0,508	0,801	0,613	0,841	0,709	0,508	0,841	0,694
C (úhelník)				0,714	0,940	0,922	1,040	1,062	0,714	1,062	0,936
D (roh jeklu)				0,966	0,949	0,828	0,688	0,810	0,688	0,966	0,848
0170.3	Netryskáno										
A - plech				2,181	2,711	2,86	2,762	2,413	2,181	2,86	2,585
B - jekl				0,998	1,457	1,137	1,345	1,858	0,998	1,858	1,359
C (úhelník)				1,340	0,868	0,909	0,990	1,117	0,868	1,34	1,045
D (roh jeklu)				1,117	1,616	1,209	1,009	1,469	1,009	1,616	1,284

Poznámky: Průměr trysky – 10 mm, vzdálenost trysky od tryskaného dílu cca 100–150 mm



Obr. 7 - Neotryskaná plocha s textem

ohýbaný díl – tloušťka 6 mm, rámeček z jeklu a úhelníku - tloušťka 2 mm včetně desky – tloušťka 10 mm.

Vzorky byly před otryskáním ručně odmaštěny. Otryskání bylo provedeno pomocí injektorového tryskacího zařízení SAF typ PTZ100 I-OP1VSE, které je umístěno ve zkušební firmě S.A.F, spol s r.o., (**kontakt na 2. str. obálky**) na jejím pracovišti. Po otryskání vzorků bylo provedeno měření drsnosti (podrobněji viz níže).

Přehled zkoumaných vzorků je v tabulce 7 a některé vzorky jsou na obrázcích (obr. 2 až 5).

Stanovení drsnosti povrchu

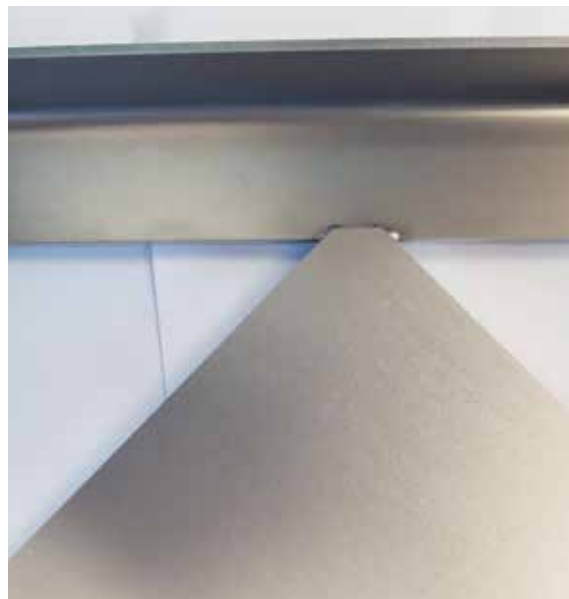
Drsnost povrchu byla měřena drsnoměrem Mitutoyo Surftest SJ-210 a sledovaným a vyhodnocovaným parametrem při měřeních byl parametr drsnosti R_a (střední aritmetická úchylka profilu). Střední hodnota drsnosti R_a je aritmetickou střední hodnotou všech částí hodnot profilu drsnosti (aritmetickým průměrem absolutních hodnot pořadnic $y(x)$ v rozsahu celkové měřicí dráhy L).

U každého vzorku bylo provedeno 5 měření s vyhodnocením na průměrnou hodnotu. Parametry dosažené drsnosti jsou uvedeny v tabulkách 8 a 9. V případě měření na více místech na jednom vzorku, jsou tato místa označena písmeny v kroužku (A, B, ...).

Vyhodnocení a závěr

Po provedení všech měření a vizuálního hodnocení je možné konstatovat, že oba tryskací prostředky jsou pro sjednocování povrchu vhodné. Parametry otryskávání (tlak stlačeného vzduchu, vzdálenost trysky či úhel tryskání) je možné v široké škále měnit a při nasazení do výrobní praxe bude záležet na zručnosti obsluhy.

Zadávací požadavek dosáhnout parametru drsnosti R_a pod $1 \mu\text{m}$ nebyl splněn. Důvodem je jednak



Obr. 8 - Otryskána plocha (odstraněný text balotinou)

stav povrchu tryskaného polotovaru před tryskáním (výchozí stav vstupního materiálu) a dále technologické podmínky ve výrobě a kázeň při opracování tohoto polotovaru.

Měřená drsnost po otryskání je dána především velikostí tryskacího prostředku a do limitní hodnoty tlaku se výrazně nemění. Z praktických zkušeností je pro balotinu limitním tlakem hodnota 3,5 bar a pro keramický granulát 4,5 bar. Charakter povrchu je věc individuálního hodnocení či „vkusu“ a mohl by být ještě rozlišován pomocí leskoměru. To je však nad rámec této práce.

Jemným otryskáváním balotinou i keramickým granulátem se neodstraní stopy po brousícím nástroji, jak je ukázáno na obrázku 6. Naopak texty či popisy na hutních polotovarech zhotovené v hutích lze velmi dobře odstranit (obr. 7 a 8).

Rovněž je potřeba upozornit, že tato technologie výrazně nezlepší výchozí stav drsnosti povrchu nezrezových dílů. Toho je příkladem svařenec (vzorek č. 0170), kde drsnost neotryskaného povrchu na některých částech výrazně převyšovala běžnou drsnost tenkých plechů. V případě požadavku na velmi nízkou drsnost povrchu hotového dílu ($R_a 1 \mu\text{m}$ a menší) je třeba zajistit mechanickým způsobem (obráběním, broušením či leštěním), nižší drsnost a následně sjednotit povrch. Takové povrchy jsou požadovány většinou v potravinářských, farmaceutických či chemických provozech, kde jsou kladeny vysoké nároky na chemickou odolnost materiálů.

Vzorky po otryskání oběma druhy tryskacího prostředku (bez ohledu na naměřenou drsnost) vykazují sametově sjednocený povrch, který odpovídá běžným technickým požadavkům na podobné povrchy. ■