

Proces broušení a leštění skla

Broušení skla

1. Broušení volným brusivem

Dílčí pochody broušení

Při broušení volným brusivem se sklo opracovává nesčítelným množstvím malých zrn brusiva.

Při broušení sledujeme: tvar brousícího zrna (jsou-li ostrohranná, či zaoblená)

chování zrna při broušení

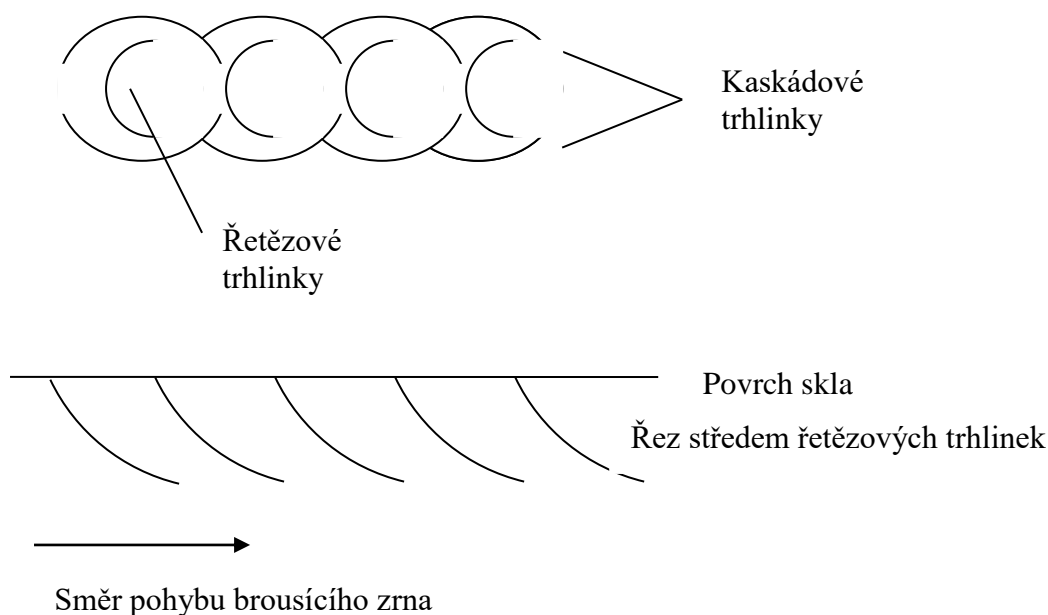
Při broušení volným brusivem vznikají odlišné pochody, které jsou základem broušení:

- zakulacené zrna se smýká po skle
- zakulacené zrna se po skle valí
- zrna brusiva se smýká po skle ostrou hranou

Při broušení se přitlačí tvrdé zrna (kulička) na sklo. Přitom vznikne kruhové zaprasknutí pod kuličkou a to se do hloubky kuželovitě rozšiřuje. Při broušení jsou zrna v pohybu, vlivem otáčení kotouče, pohybem skla, proudem vody s brusivem. Zanechávají po sobě podélnou stopu, jejíž podoba závisí na tvaru zrnka, jeho pohybu a tlaku, kterým se ke sklu přitlačuje.

a) Smýkání zakulaceného zrna

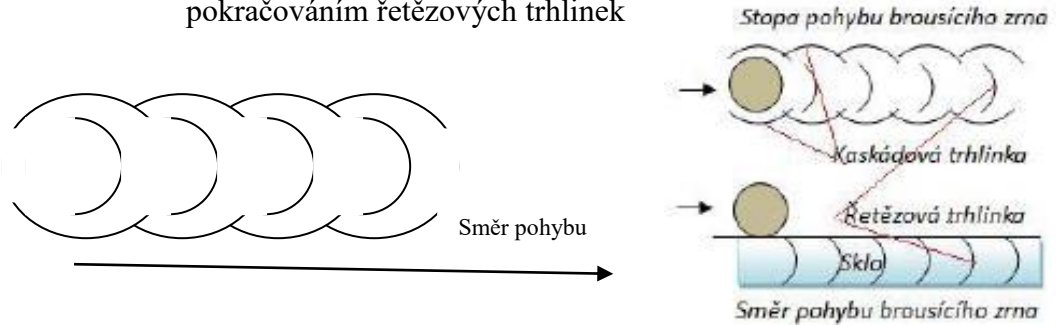
Zakulacené zrna vzepřením o ostatní zrna, nebo zabořením do kotouče, je smýkáno po povrchu skla. Vzniká stopa, střeplinky skla se okamžitě neodlamují (odlomí se až působením dalších zrn..viz *dále fáze broušení*..). Stopa se skládá z mnoha za sebou jdoucích, tzv. řetězových trhlinek, zasahujících do hloubky. Po obou stranách jsou obklopeny kaskádovými trhlinkami. Oblouček řetězových trhlinek odpovídá velikosti kruhového tvaru (v klidu). Zvýšeným tlakem se nepatrně zvětšuje. Řetězové trhlinky následují těsněji za sebou. Kaskádové trhlinky jsou více obloukovitě zahnuté. Jednotlivé řetězové trhlinky se ještě nespojí v hloubce skla, takže střeplinky skla nemohou odpadnout. Při zvláště zvýšeném tlaku se sklo odštěpuje a stopa ztrácí svůj původní charakter.



b) Zakulacené zrno se po skle valí

= druhý dílčí pochod broušení

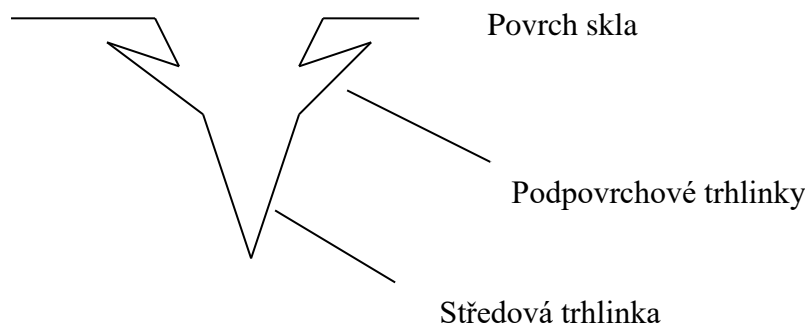
Charakteristika stopy – obdobná jako předchozí s tím rozdílem, že řetězové trhlinky jsou obráceny obloučkem ve směru pohybu. Při značně zvýšeném tlaku se mohou vytvořit středem rýhy podélné trhlinky vnikající svisle do skla a kaskádovité trhlinky zanikají, nebo se zdají pokračováním řetězových trhlinek



c) Zrno brusiva se smýká po skle ostrou hranou

= třetí dílčí pochod broušení

Ostrohranné zrno působí na sklo jako diamantový hrot. Vzniká výrazná rýha, která má hlubokou středovou trhlinku. Od ní se šíří dvě podpovrchové trhlinky



Podoba stopy je ovlivňována tvarem zrna. Rozdílné brusivo má charakteristický tvar. Např. zrno SiC bývá ostrohranější než zrno syntetického korundu. Tvar každého zrna se během broušení mění. Hrany se omílají, původně ostrohranné zrno se zaobluje a tím mění stopu. Od účinnějšího broušení přechází brusivo k méně účinnému.

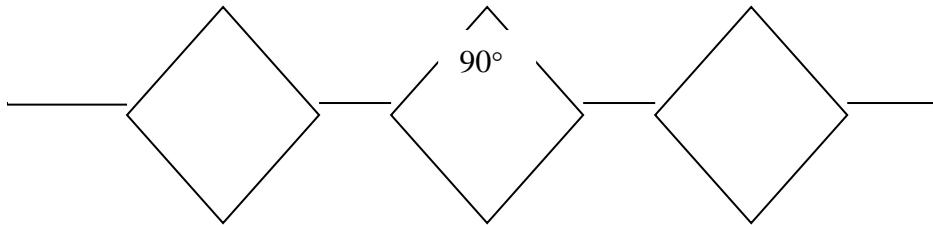
2. Broušení vázaným brusivem

Dílčí pochody broušení

Všechna zrna jsou pevně seskupena v jeden brousící nástroj = kotouč nebo pás.

Zrna, která jsou na povrchu brousícího kotouče, vyčnívají a přicházejí do přímého styku se sklem a brousí.

Zrno je nepravidelný mnohostěn, spodní částí upevněn v pojivu a vyčnívající část připomíná jehlan, jehož vrcholový úhel je asi 90°. Vrchol není vždy stejně ostrý. Zaoblení závisí na druhu brusiva a jeho zrnitosti.



Má-li kotouč brousit co nejúčinněji, musí být co nejdrsnější (pozor, účinnost je nepřímo úměrná kvalitě, jakosti povrchu. Ostré i zakulacené hranky působí jako volné brusivo, které je smýkáno po skle. Valivý pohyb je zde zanedbatelný.

Otupení vázaného brusiva

je charakteristický jev

V průběhu broušení nebrousí kotouč stále stejně intenzívně, jeho účinnost klesá. Nejostřejší zrna se otupí a chovají se jako zaoblené smýkané zrno. Tím vzniká i rozdílná stopa. Kotouč nesnímá tolik sklo jako na začátku práce.

Rychleji se otupí kotouč tvrdý a hutný než měkký, kde se zrno snadněji vylomí. Tím se odhalí spodní zrno. Tvrdé kotouče je nutno častěji ostřit. Otupení zrna je žádoucí např. při jemnění.

Srovnání stop volného nebo vázaného brusiva

Po použití volného brusiva je povrch stejnoměrně drsný.

Při použití kotouče zůstanou zřetelné stopy ve směru opracování po ostří zrn.

Po naostření karborundového kotouče jsou větší stopy než po kotouči otupěném. Ještě jemnější stopu zanechává jemnicí uhlazený kotouč.

Fáze broušení

První fáze

= vznik trhlinek

Mezi bruskou a sklem probíhají, pod určitým tlakem, najednou všechny jevy. Tím vzniká vrstva skla, která je rozbrázděna stopami zrn a prostoupěna trhlkami, takže její soudržnost je značně porušena.

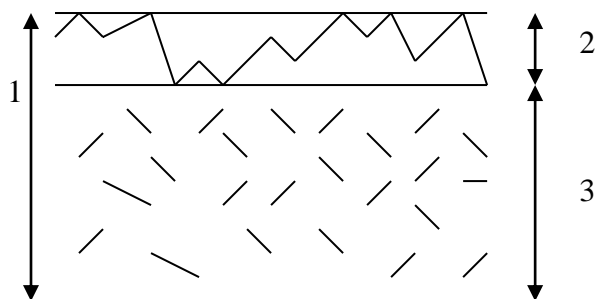
Druhá fáze

Po působení zrn, která rozbrázdila povrch skla, přicházejí zrna další, která vylamují štěpinky a odstraňují sklo. Tak vzniká charakteristický, více nebo méně drsný, povrch broušeného skla.

Rychlost vzniku trhlinek, tj. rychlost broušení, závisí více na tlaku a rychlosti pohybu, než na ostrohrnnosti (tvaru) zrn.

Při broušení nevzniká pouze reliéfní hrbolatý povrch, ale záprasky sahají hluboko pod povrch skla. Hloubka závisí na povaze a velikosti zrn, může být 1,5x větší, než vrstva reliéfní.

Reliéfní vrstvě a zápraskové vrstvě říkáme dohromady narušená vrstva.



- 1) Narušená vrstva
- 2) Reliéfní vrstva
- 3) Záprasková vrstva (trojnásobek)

Povrch skla narušený
broušením

!!! Při broušení působí: a) mechanické vlivy
b) chemické vlivy - "bobtnání, hydrolýza" !!!

Hlediska pro posuzování úrovně broušení

- 1) účinnost broušení = úbytek skla se vyjadřuje váhovým množstvím skla na ploše 1 cm² za určitou dobu broušení. Při broušení má být úbytek co největší, hlavně při nařezávání.
- 2) jakost (hladkost) povrchu broušeného skla – posuzujeme teprve při jemnění. Má se získat co nejjemnější povrch skla. Nesmí se vyskytovat žádné rýhy, ani jiné nepravidelnosti.

↑ Tato hlediska jsou navzájem nepřímo úměrná ↑

Vlivy působící na broušení

1) Vlastnosti brusiv

- a) druh brusiva – používá se k různým pracím, např. k nařezávání se používají kotouče z karbidu křemíku a k nařezávání při hranařském broušení se používá volného syntetického korundu. Volba brusiva vyplývá z jeho vlastností, které mají vliv na účinnost broušení i jakost povrchu broušeného skla
- b) tvrdost brusiva se posuzuje podle Mohsovy stupnice tvrdosti, nebo k přesnějšímu rozlišení tzv. mikrotvrdost podle Wickerse.

Diamant	10 000 kg/mm ²
Karbid bóru	4 900 kg/mm ²
Karbid křemíku	3 310 kg/mm ²
Syntetický korund	2 600 kg/mm ²
Křemen	1 100 kg/mm ²

Tvrdost jednoho druhu nemusí být vždy stejná. U přírodních brusiv bývají podstatné rozdíly

- c) pevnost v tlaku je vlastnost („odolnost“ brusiva) umožňující přenášet vysoký tlak (vyvíjený brusičem) a tím účinněji působit na povrch skla.

- d) **křehkost brusiva** ovlivňuje životnost brusiva. Některé hmoty jsou tvrdé, ale současně křehké. Proto se snadno drtí při broušení. Drcení závisí na křehkosti, ale i na tvaru zrn (ostrohranná brusiva jsou křehčí než-li brusiva mající zaoblená zrna). Karbid boru je nejkřehčí

Karbid křemíku je téměř tak křehký jako B_4C

Bílý syntetický korund je méně křehký než SiC i přírodní korund.

- e) **tvar brusiva** je důležitý pro broušení – rozdílně působí zrnko zaoblené, nebo zrnko s ostrými hranami

<u>Karbid křemíku</u>	<u>Syntetický korund</u>	<u>Křemenný písek</u>
ostrohranný, vytváří větší množství nevhodných krystalů	většinou všechny tři rozměry „stejně“, zrnko je méně ostré, zaoblenější	nejvíce zaoblená zrna krom formy pískovce se nepoužívá

Použití vyplývá z tvaru zrn

Ostrohranný SiC je vhodný pro nařezávání (zejména ve formě kotoučů)

Zaoblenější syntetický korund je vhodný na jemnící kotouče a k broušení volným brusivem. SiC je sice tvrdý, ale křehký, příliš se drtí a jako volné brusivo se příliš nehodí.

Účinnost brusiv a dosahování jakostního povrchu jsou protichůdné požadavky

Čím účinněji zrnko brousí, tím drsnější je povrch skla. K dosažení jemnějšího povrchu volíme méně účinné brusivo.

Nařezávání

- větší zrnko
- ostrohrannější
- tvrdší
- kotouč pórovitější

Jemnění

- menší zrnitost
- méně ostrohranné (otupují se uhlazením)
- kotouč hutnější

- f) **velikost zrna** – se vzrůstající velikostí zrna se zvětšuje účinnost broušení (3-200 mikrometrů)
- velikost zrna nad 200 mikrometrů zmenšuje účinnost broušení při volném použití, zrnko obtížněji vniká mezi sklo kotouč

Větší účinnost velkých zrn vyplývá z toho, že mají větší pevnost a snesou větší tlak než zrna drobná. Větším tlakem se hlouběji rozruší sklo.

Granulometrická skladba

= vzájemný poměr jednotlivých velikostí (zrn) ve vytríděném brusivu.

Tato skladba ovlivňuje účinnost broušení. Účinnost klesá s větším obsahem menšího zrna, než je základní velikost. Přítomnost hrubších frakcí zrna nepříznivě působí na jakost broušeného povrchu, ten je poškrábán, obtížně se jemní a zvláště špatně se leští.

Při obsahu 3 – 5% hrubých zrn vznikají podpovrchové záprasky
Při obsahu 8% hrubých zrn se vytváří podpovrchová vrstva odpovídající 100% hrubého zrna
Broušení hrubším a tvrdším brusivem zanechává větší reliéfní vrstvu i hlubší podpovrchovou záprasku než výbrus jemnějším a měkčím brusivem

2) Materiál kotouče (u broušení volným brusivem)

má vliv na obrusnost a drsnost povrchu

Při broušení volným brusivem se používá kotouč z litiny. Zrna přiváděná na kotouč, se drtí mezi sklem. Kotouč z měkčího materiálu se snáze deformuje, zvětšuje se jeho ořez a tím se zrna pomaleji drtí. Čím tvrdší je kotouč, tím vzrůstá účinnost broušení i drsnost povrchu skla. Vliv tvrdosti má určitou hranici. Význam tvrdosti kotouče končí při **200 kg/mm²**, (podle tzv. Brinellovy tvrdosti.)

3) Brousící kapalina

Význam kapaliny:

- při broušení volným brusivem přivádí na kotouč brusivo
- při broušení vázaným brusivem splachuje zplodiny broušení, zabraňuje rozprašování obroušeného skla a brusiva, působí jako chladicí prostředek a odvádí teplo vznikající třením
- uplatňuje se při fyzikálně chemických procesech, které probíhají při broušení a urychlují celý pochod

Nejčastěji se používá voda. Dosahuje se s ní maximální obrusnosti. U jiných kapalin obrusnost klesá.

U křemenného skla se nejlepší účinnosti dosahuje při použití terpentýnu.

Při rytí na měděných kotoučích se používá suspenze brusiva s petrolejem a olejem, umožňujících změnu viskozity. Brusivo lépe lepe k měděnému kotouči a neodpadá.

!!! Fyzikálně chemické procesy !!!

Voda vniká do trhlinek a záprasků. Způsobuje **bobtnání vlivem hydrolýzy** a tím usnadňuje vydrolování úlomků skla. V narušené vrstvě vytváří tzv. **solvátovou vrstvu** působící k rozvíření mikroskopických trhlin a urychluje rozpad skla.

U křemenného skla má podobný účinek terpentýn.

4) Vlastnosti skla

Na účinnost broušení mají vliv vlastnosti skla způsobené jeho složením (zejména ovlivňující jeho tvrdost).

Účinnost zvyšují: CaO, Na₂O, PbO...

Účinnost snižují: SiO₂, B₂O₃, Al₂O₃...

Nahrazením Na₂O oxidem draselným se obrusnost snižuje a zhoršuje se broušení (ale sklo má lepší brilanci....)

Povrch po broušení u skel různého složení není stejný. Měkké olovnaté sklo má povrch po broušení mnohem drsnější než sklo, které olovo neobsahuje.

Je důležité současně dodržet nejvýhodnější rychlost broušení. Při vyšší nebo nižší rychlosti obrusnost klesá.

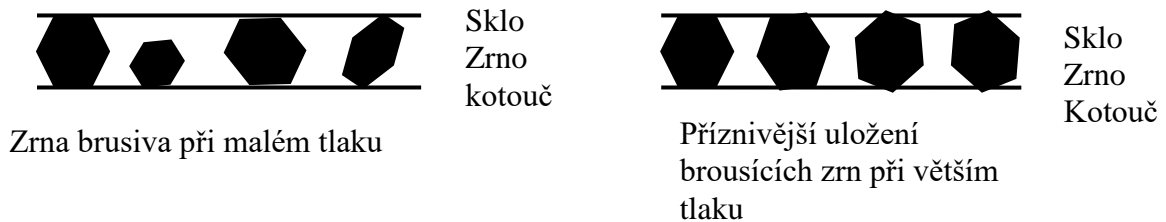
5) Technologické podmínky broušení

a) tlak při broušení

Zvyšování tlaku při broušení příznivě ovlivňuje účinnost broušení za předpokladu, že se zároveň zvyšuje množství přiváděné suspenze. Účinnost se zvyšuje pouze do optimálního tlaku. Dalším zvyšováním tlaku se již obrus nezvětšuje, neboť se zrna obtížněji dostávají mezi sklo a kotouč.

Větší účinnost broušení při vyšším tlaku je způsobena větším množstvím zrn, které se přitom uplatní. Příznivě působí urovnání zrn a deformace brousícího kotouče. Zrna se do kotouče zaboří.

Tlak neovlivňuje příznivě broušení z hlediska jakostního povrchu broušeného skla



b) rychlost broušení

- má význam jen tehdy, je-li úměrně zvyšován přívod brousící suspenze či vody. Neúměrné zvýšení rychlosti může snížit účinnost broušení. Póry kotouče se zaplní brusivem a sklem, otupí se ostří a kotouč se po skle smeká. (*záleží též na druhu, velikosti atd. kotouče, určité druhy kotoučů snesou jen určitou rychlost. Zrychlení nad tuto hranici je kontraproduktivní a nebezpečné*)

c) oteplení

- vzniká zvýšenou rychlostí broušení, při vyšší teplotě účinnost klesá i u vázaného brusiva. Třením kotouče sklo v tomto místě měkne a ztrácí křehkost.
- Vliv má i poréznost kotouče. Porézní kotouč nasáklý vodou lépe chladí a brousí účinněji než hutný →
→Dostatek vody působí jako chladicí prostředek a odvádí nežádoucí teplo. Nepříznivé je přivádění teplé vody k broušení.

- Rychlejší broušení působí dobře na jakost povrchu broušeného skla. Při větší rychlosti je povrch jakostnější a jemnější (*povrch je za stejnou dobu opracován větším množstvím zrn- proto je rovnoměrnější*)

d) množství suspenze i její koncentrace

Suspenze je brusivo rozmíchané v brousící kapalině v určitém poměru.

Účinnost broušení stoupá s větším množstvím suspenze až na optimální hranici. Další množství suspenze již účinnost nezvýší, pouze se projeví jako plýtvání. Nejvýhodnější množství závisí na druhu brusiva, zrnitosti a druhu kotouče.

Nadměrná koncentrace suspenze může přivodit pokles účinnosti. Zavinují to na sebe nakupená zrna, která se nemohou dobře pohybovat. Také tlak se plně neprojeví, protože to nakupená zrna nedovolí.

Množství potřebného brusiva závisí hlavně na druhu, např. syntetického korundu stačí použít k vykonání stejné práce přibližně o polovinu méně, než křehkého písku.