

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Fakulta lesnická a dřevařská

Diplomová práce

2014

Miroslav Jarolím

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jarolím Miroslav

Dřevařské inženýrství

Název práce

**Vliv typu použitého nástroje na drsnost povrchu dřevovláknitých desek (MDF)**

Anglický název

**The influence of a tool type on surface roughness of medium density fibreboard (MDF)**

### Cíle práce

Účelem této diplomové práce je vyhodnotit vliv materiálu použitého pro výrobu výměnného nože pro frézování dřevovláknitých desek se střední hustotou (MDF). Vhodnost nástrojového materiálu bude posouzena dle drsnosti povrchu MDF desek a rychlosti opotřebení výměnných nožů. Nástroje ze slinutých karbidů budou pro tyto účely, kromě standardních úprav, upraveny také metodou PVD povlakování. Při posouzení drsnosti povrchu MDF desek bude hlavním kritériem hodnota střední aritmetické úchylky drsnosti Ra.

### Metodika

1. Vytvoření osnovy a časového harmonogramu zpracování DP
2. Podrobné prostudování uvedené problematiky
3. Vypracování literární rešerše, popis metod měření drsnosti a ovlivňujících faktorů, formulace dílčích cílů
4. Volba typů zkoušených nožů
5. Zajištění zkušebního materiálu ve staticky průkazném množství
6. Provedení experimentálních měření
7. Vyhodnocení zjištěných výsledků zkoušek drsnosti
8. Odevzdání práce v tištěné i elektronické podobě (součástí diplomové práce je abstrakt a klíčová slova v českém a světovém jazyce - angličtině)

### Harmonogram zpracování

březen - červen 2013: rozbor literárních zdrojů

červen - prosinec 2013: příprava zkušebních vzorků pro jednotlivé experimenty

září 2013 - březen 2014: zkušební měření a zpracování dat

15. duben 2014: odevzdání práce vedoucímu

20. duben 2014: finální odevzdání práce a nahrání elektronické verze

### Rozsah textové části

textová část: 40-60 stran, přílohy: 5-15 stran

### Klíčová slova

MDF, drsnost, tvrdokov, PVD povlaky

### Doporučené zdroje informací

Bumbálek, Odvody, Ošťádal, (1989): Drsnost povrchu. Nakladatelství techn. lit. Praha: 338 s.

ISBN 04-252-89.

Čížek, (1985): Vlastnosti a zpracování třískových a vláknitých desek. SNTL Praha: 352 s.

ISBN 04-840-85.

Hrázský, Král, (2007): Kompozitní materiály na bázi dřeva: Část I.: Aglomerované materiály.

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: 253 s. ISBN 978-80-7375-034-3.

Taylor Hobson, (2009): Exploring Surface Texture: A fundamental guide to the measurement of surface finish, firemní literatura.

Štefka, (2006): Kompozitné dřevné materiály: Časť II.: Technológia aglomerovaných

materiálů. Technická univerzita vo Zvolene: ISBN 80-228-1705-8.

ČSN EN ISO 4287 (1999): Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu:

Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu. Český normalizační institut.

ČSN EN ISO 4288 (1999): Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu:

Profilová metoda - Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu. Český normalizační institut.

### Vedoucí práce

Böhm Martin, doc. Ing., Ph.D.

### Termín odevzdání

duben 2014

Elektronicky schváleno dne 21.3.2014

**doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27.3.2014

**prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.**

Děkan fakulty

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

**Vliv typu použitého nástroje na drsnost povrchu dřevovláknitých  
desek (MDF)**

Diplomová Práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Miroslav Jarolím, DiS.

Praha 2014

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „ Vliv použitého nástroje při obrábění na drsnost povrchu MDF desek. “ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Martina Böhma, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne.....

.....

Miroslav Jarolím

Chtěl bych poděkovat za pomoc a podporu při psaní diplomové práce rodině. Můj dík patří především mému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Martinu Böhmovi za dobré vedení a vstřícný přístup a dalším pedagogům školy Ing. Martinu Svitákovi, Ph.D., Ing. Janu Bombovi, Ph.D., prof. Ing. Štefanu Barčíkovi, CSc. za pomoc při zpracování materiálu.

## **Abstrakt**

Diplomová práce zjišťuje, jaký vliv má nůž obráběcího nástroje na drsnost povrchu plochy MDF desky. Bylo prováděno měření na oboustranně laminovaných deskách, které byly obráběny frézovacím nožem zhotoveným ze slinutého karbidu a nožem ze slinutého karbidu s povlakem z nitridu titanu. Drsnost desky po obrobení nástrojem byla měřena za pomoci dotykového indukčního měřicího přístroje - Form Talysurf Series Intra 2. Byla porovnávána drsnost povrchu v závislosti na otupení ostří obráběcího nástroje.

## **Abstract**

This thesis deals with it, the influence of the knife cutting tool on the roughness of the surface of the MDF board. I performed the measurements on both sides laminated plates that were machined cemented carbide and cemented carbide coated. Roughness after machining tool was measured using the touch of induction measuring device - Form Talysurf Series Intra second Result, compared with changes in surface roughness depending on the blade dulling of the cutting tool.

## Obsah

Abstrakt.....	7
1 Úvod .....	7
2 Cíl práce.....	8
3 Dřevovláknité desky .....	9
3.1 Dřevovláknité desky se střední hustotou MDF .....	9
3.2 Vývoj MDF desek .....	10
3.3 Parametry MDF desek.....	10
4 Výroba MDF desek .....	12
5 Povrchová úprava MDF desky .....	13
5.1 Faktory ovlivňující kvalitu povrchové úpravy MDF desek .....	13
5.2 Vrstvené dekorační materiály .....	14
5.3 Opracovávání desek s umělým povrchem.....	15
6 Řezné nástroje .....	16
6.1 Břity ze slinitých karbidů .....	16
6.2 Wolfram .....	17
6.3 Tvorba povlaků .....	18
6.4 PVD metoda povlakování .....	19
6.5 Nitrid titanu .....	20
6.6 Řezné úhly.....	21
7 Drsnost.....	22
7.1 Jak povrch vzniká.....	23
7.2 Názvosloví drsnosti povrchu.....	24
7.3 Vyhodnocování drsnosti.....	26
7.4 Značení drsnosti povrchu .....	28
7.5 Vliv řezných podmínek na drsnost povrchu.....	30



8	Měření drsnosti .....	31
8.1	Měřicí přístroj.....	32
9	Materiál pro výzkum .....	33
10	Řezné nástroje pro výzkum.....	34
11	Vzorky .....	35
11.1	Měření drsnosti vzorků.....	35
12	Výsledky .....	37
13	Závěr .....	42
14	Seznam použité literatury .....	43
15	Seznam použitých obrázků .....	45
16	Seznam tabulek .....	45
	Příloha A: Obrázky .....	46
	Příloha B: Tabulky.....	50
	Příloha C: Naměřené hodnoty.....	51

## 1 Úvod

Práci na téma „Vliv použitého nástroje při obrábění na drsnost povrchu MDF desek“ jsem si vybral, protože jsem se chtěl zabývat nejmladšími materiály z historického hlediska užívané v dřevařství a nábytkářství. Vznik takovýchto materiálu zapříčinila snaha o maximální využití suroviny a získání výborných vlastností. Dřevovláknité desky se hojně využívají v nábytkářství a s tím i souvisí použití dřevoobráběcích nástrojů při zpracování. A právě kvalita povrchu při výstupu je pro nás důležitá.

Při obrábění dřevovláknitých desek se použité nože postupně opotřebovávají a tupí. Na obrábění se používají buďto běžné slinuté karbidy, které jsou nejlevnější ale zase nejvíce náchylné k otupení. Slinuté karbidy mohou být opatřeny povlakem, který zlepšuje vlastnosti nože. Takovýto nůž zvládne více práce, než se otupí, ale cena je vyšší. Nůž s otupeným či jinak poškozeným ostřím již nevytváří tak kvalitní povrch jako nůž ostrý. To se právě projevuje na drsnosti povrchu. Tuto veličinu budu měřit po určité vzdálenosti obrábění, na níž se ostří nože postupně otupuje. Zjištěné výsledky budou ukazovat životnost jednotlivých nožů, podle materiálu ze kterého jsou vyrobeny.

## 2 Cíl práce

Cílem práce je vyhodnotit drsnost povrchu MDF desek po obrábění frézovacím nožem:

- a) Jaký vliv má postupné otupení nástroje na drsnost povrchu MDF desek.
  
- b) Jaký vliv má povrchová úprava z nitridu titanu na frézovacím noži ze slinutého karbidu, oproti noži ze slinutého karbidu bez povrchové úpravy, při postupném otupení nástroje na drsnost povrchu MDF desek.
  
- c) Jaký vliv má povrchová úprava laminováním MDF desky na otupení frézovacího nože a následnou drsnost povrchu. Jak se mění u takovýchto desek drsnost povrchu 1 mm od hran a ve středu.

### 3 Dřevovláknité desky

Dřevovláknitá deska je velkoplošný konstrukční materiál hojně využívaný ve stavebnictví a nábytkářství. Tento aglomerovaný materiál se vyrábí vláken dřeva nebo jiných lignocelulózových materiálů. Jsou vyráběny buď mokrou výrobní cestou. Zde pro zvýšení pevnosti, odolnosti vůči vlhkosti, ohni, hmyzu, hnilobě nebo pro zdokonalení jiných vlastností je možné v průběhu výroby přidávat pojiva a jiné komponenty. Při výrobě suchou výrobní cestou se přidávají lepidla a aditiva, která zlepšují vlastnosti desky.

Příčinou prudkého rozvoje výroby třískových a vláknitých desek v posledních dvaceti letech byla skutečnost, že jde o moderní stejnorodý materiál pro průmyslovou výrobu a výstavbu. Jejich výroba umožňuje efektivní využití surovinové základny. Negativní vlastnosti velkoplošných materiálů ze dřeva, jako hořlavost nebo malou odolnost proti biologickým škůdcům, lze zpravidla eliminovat použitím nových technologií výroby desek, impregnací, různými metodami zušlechťování nebo při aplikaci desky jejím dokonalým uzavřením apod. (Čížek, 1985).

Dřevovláknité desky se dají rozdělit podle hustoty materiálu na tři základní typy. První skupinou jsou měkké dřevovláknité desky, užívané převážně jako výplňový a izolační materiál s nejčastější hmotností  $250\text{kg/m}^2$ . Středně husté dřevovláknité desky, kterými se budu zabírat v této práci, se označují MDF (Medium Density Fiberboard) a mají hmotnost  $350\text{--}800\text{ kg/m}^2$ . Poslední skupinou jsou dřevovláknité desky s vysokou hustotou, HDF (High Density Fibreboard) s hmotností od  $1100\text{--}1300\text{ kg/m}^3$ .

#### 3.1 Dřevovláknité desky se střední hustotou MDF

MDF deska je vyráběna slisováním převážně smrkových dřevěných vláken za pomoci lepidla a vysoké teploty. Jsou plnohodnotnou náhradou masivního dřeva, proto se dají i podobně opracovávat. Jejich homogenní struktura umožňuje frézování. Na povrchu mají pevné hrany a běžně se upravují lakováním. Jsou určeny pro použití pro nenosné účely v nábytkářství, truhlářství, frézařských dílnách a další použití v interiéru (DDL).

Ve výrobě nábytku, kde díky nehomogenní struktuře dřevotřískových desek se užívají nejvíce MDF desky. Dají se u nich tvarovat hrany i plochy. To

nejvíce využijeme ve výrobě dvířek a čel zásuvek. Dále to můžou být stolové desky, obkladové panely apod.

### 3.2 Vývoj MDF desek

Technologie výroby vznikla již v roce 1924. Rozkvět této výroby a další následný rozvoj nastal až po druhé světové válce. Potenciál překližek a laťovek byl rychle vyčerpán a nevýhody tvrdých dřevovláknitých desek jako síťovaná spodní strana, malá tloušťka, vnitřní pnutí a rozměrová nestabilita umožnila vývoj MDF desek. Trh s velkoplošnými materiály potřeboval doplnit o kvalitní a homogenní materiál, který by mohl být využit v nábytkovém průmyslu. Nábytek, který vykazoval zaoblení, vytvořené z rostlého dřeva bylo nyní možné vyrobit z těchto desek. Nejstaršími a největšími výrobci jsou USA, Švédsko a Finsko. První výroba MDF desek suchým způsobem v Evropě, byla realizovaná v závodě Ribnitz na německém území. Následovalo Španělsko, Itálie a Jugoslávie. V USA byly první linky ve firmě Allied Chemical v Depositu. Další pak v Oakridge a v Meridianu.

Na českém území se nejprve vyráběli pouze tvrdé dřevovláknité desky. Jejich první výrobní linka byla zřízena roku 1951 v závodě Solo Sušice, s technologií ze Švédska. V současné době se v České republice vyrábí MDF desky v Dřevozpracujícím družstvu Lukavec. Mají více jak 60letou tradici v dřevařském průmyslu a exportují přibližně 60% své celkové produkce do Evropy.

### 3.3 Parametry MDF desek

Dřevovláknité desky MDF se vyrábějí ve třech hustotách: ultralehké, s hustotou od  $450\text{kg/m}^3$  po  $550\text{ kg/m}^3$ , lehké, s hustotou od  $550\text{ kg/m}^3$  do  $650\text{ kg/m}^3$ , pro hloubkové frézování s hustotou kolem  $800\text{ kg/m}^3$ . Desky se vyrábějí v základním formátu  $2750 \times 1840\text{ mm}$  a tloušťkách 8; 10; 12; 16; 18; 19; 22; 25; 28; 30; 32; 36; 38; 40 mm. Tolerance tloušťky nesmí být více jak  $\pm 0,3\text{mm}$  a délky či šířky  $\pm 2\text{mm/m}$ . Tyto hodnoty tolerancí jmenovitých rozměrů jsou udány při vlhkosti materiálu odpovídající teplotě  $20^\circ$  a relativní vlhkosti vzduchu 65%. Vyrobena deska může obsahovat vlhkost v rozmezí 4 - 11 %. Obsah formaldehydu v MDF deskách je vymezen dvěma emisními třídami: E1

>8mg/100g desky a E2 >30mg/100g desky. Desky se běžně laminují a dýhují, případně dále barevně upravují surové dílce (DDL).

Mezi největší výhody MDF desek patří homogenní struktura v celém průřezu desky. Oproti dřevotřískovým deskám mají lepší mechanicko-fyzikální vlastnosti, ale také velkou hmotnost, kterou způsobuje velká hustota MDF desek. Použitím přísad při výrobě MDF desek se dají zlepšit některé vlastnosti jako obrobiteľnosť, odolnosť voči ohni, vlhkosti, biotickým vlivům apod.

Pořizovací náklady na MDF jsou vyšší na rozdíl od dřevotřískových desek. Nevýhodou při obrábění MDF je vznik velkého množství prachu, který by při opracování masivního dřeva nevznikal. Na obrábění desek se používají nástroje s noži ze slinutých karbidů.

## 4 Výroba MDF desek

Pro výrobu vláknitých desek se používá především odpadní dřevní hmota, která by měla využití již jen jako palivo nebo méně kvalitní části kmene tj. kmeny s menšími průměry. Surovina nesmí obsahovat kůru, která by snižovala mechanicko-fyzikální vlastnosti a dřevní hmota musí být bez hniloby. Aby nebyly velké náklady na vysoušení či dezintegraci, používá se surovina s obsahem vlhkosti 45-55%. Proto je lépe mít v létě méně suroviny na skladě, než v zimě, aby nedocházelo k přílišnému vysoušení. Pro výrobu vláknitých desek jsou vhodnější jehličnaté dřeviny, poněvadž obsahují více celulózy a ligninu než listnaté dřeviny. Jehličnany mají také delší vlákna než listnaté dřeviny. Větší obsah pryskyřice má negativní vliv na mechanické vlastnosti desek. Proto se nejvíce používá jehličnatá smrková surovina (Hrázský, Král 2007).

V první fázi výrobního procesu prochází surovina odkorněním a čištěním od kovových či jiných tvrdých částic, které by otupovaly rozvlákňovací nože. Dále se surovina rozmělnuje na bubnových či diskových sekačkách na štěpku. Tomuto procesu se říká dezintegrace. Pro neoptimálnější štěpkování je dobré udržovat vlhkost nad bodem nasycení vláken - 30%. Po vytřídění a domletí větších částic se štěpka propere a hydrotermicky doupraví. Na defibrátoru se ze štěpky vyrábí dřevní vlákno.

Při výrobě MDF desek se jako pojivo nejvíce používá močovinoformaldehydové lepidlo. Ze směsi vysušeného vlákna na 8-12% a pojiva se navrství koberec, který je předlisován pomocí dvou pásů. Tento produkt je následně upraven na potřebné délky a vkládán do lisů. V těchto, jedno nebo více etážových lisech jsou vytvořeny desky za teploty okolo 220°C a tlaku 6 až 7 MPa (Hrázský, Král 2007), 5 až 10 MPa (Štefka 2006) během 3 až 10 minut. Z lisu vyjmuté desky mají vysokou teplotu, ochlazování na přibližně 70°C trvá 30 až 120 minut.

Otrhané okraje MDF desek vyrobených ve formátu s nadmírou jsou ořezány při formátování. Naformátované desky jsou uloženy do stohu na pět dnů, kde dojde k dokončení vytvrdnutí lepidla a vyrovnání teploty a vlhkosti v celém průřezu desky. Tloušťková egalizace se provádí pomocí širokopásových brusek s oscilační patkou.

## 5 Povrchová úprava MDF desky

Povrchová úprava materiálů na bázi dřeva má velký význam, neboť prodlužuje jejich životnost, zvýrazňuje a dokresluje přirozenou krásu dřeva a materiálů na bázi dřeva, zlepšuje užité vlastnosti výrobků, potlačuje barevné rozdíly povrchu a zvýrazňuje tvar produktu (Hrázský, Král 2007).

Desku je třeba někdy přizpůsobit nepříznivým vlivům, kterým bude vystavena. K nim patří především vlivy vlhkosti, možnost napadení houbami nebo hmyzem a často i oheň. Jindy je třeba přizpůsobit vzhled desek jejich použití (Čížek, 1985).

MDF desky se nechávají v surovém stavu nebo se opatří přírodním dýhovaným povrchem. S použitím mokřích povrchových úprav je desku možno tmelit, mořit, lakovat a reliéfovat. Mezi umělé povrchy patří PVC fólie či dekorační laminovací papír. Jsou to tzv. suché povrchové úpravy. Kresba desky může být potlačena nebo zvýrazněna. Póry dle dokončení jsou buď otevřené, polozavřené nebo uzavřené. Povrchová úprava také zamezuje úniku těkavých organických látek, jako jsou aldehydy, terpeny a formaldehydy z podkladových materiálů.

### 5.1 Faktory ovlivňující kvalitu povrchové úpravy MDF desek

Desky musí být stabilní, rovné a nesmějí mít vlhkost vyšší než 8-10%. Při vysoké vlhkosti by vlákna vystupovala z povrchu a tím zvyšovala drsnost. Aby nedocházelo k přílišné prašnosti při broušení desek, provádí se jejich povrchové vlhčení. Je potřeba dát pozor, aby jemný prach nebyl usazen na povrchu desek či do povrchu zatlačen. Prach by při nanášení lepidla nebo nátěrových hmot snižoval jejich přilnavost. Při suchém způsobu olepování MDF desek musí splňovat tyto následující požadavky. Hustotu  $950\text{kg/m}^2$ , která je rovnoměrně rozložená se stlačitelností nižší než 4%. Při obrábění se volí vyšší otáčky, aby vlákna byla hladce přeřezána a ne vytrhána. S rostoucí hustotou volíme vyšší otáčky na obrábění a tím docílíme, že povrch desek je dostatečně jemný. MDF desky považujeme za homogenní materiál. Proto neplatí jako u rostlého materiálu že při obrábění ve směru vláken nedochází tak k vytrhání vláken jako při příčném obrábění. Tloušťková tolerance v rozmezí  $\pm 0,2$  mm. Dále rovnovážná vlhkost



desek. Důležitá je i maximální hodnota 4,5 pH povrchu aglomerovaného materiálu.

## 5.2 Vrstvené dekorační materiály

Jeden z cílů práce je porovnat jaký vliv má povrchová úprava laminováním MDF desky na otupení frézovacího nože a následnou drsnost povrchu. Tato povrchová úprava spadá do vrstvených dekoračních materiálů.

V minulosti byl nejznámější dekorační vrstvený materiál Umakart. Dekorační materiály obdobného typu se vyrábějí vrstvením papírů napojených různými pryskyřicemi a jejich slisováním tak, že vznikne pevný a odolný list (fólie). Povrchové dekorační materiály se vyrábějí samostatně jako vrstvené dekorační listy, které se nalepují na povrch desek, nebo jako lamináty nalisované přímo na připravené dílce. Používají se papíry s vysokou savostí, zpravidla alkalicky zušlechťované sulfitové celulosy o plošné hmotnosti (20) - 80 - 150 g/m<sup>2</sup>. V dnešní době je snaha o snížení plošné hmotnosti papírů pod 80g/m<sup>2</sup> což zapříčiňuje použití podkladových (zábranových) papírů. Zábranový papír zabraňuje kopírování nerovností a vad povrchu desky či prosvítání tmavých vrstev nosných vrstev laminátu do světlých a barevných vrstev ozdobného povrchu. Obecnou charakteristikou dekoračních papírů je vysoký obsah krycích pigmentů, dobrá nasákavost, pevnost za mokra a příznivá plošná hmotnost. Barviva pro tónování jsou vysoce světlostálá, odolná proti alkáliím a teplotám od 160 do 200 °C. Tržná pevnost za mokra se pohybuje od 0,4 do 0,6 kg, sací výška 35 až 40 mm za dobu 10 minut. Ty jsou prosycené pryskyřicí. U dekoračních papírů se nejčastěji používá modifikovaná melaminová pryskyřice, u zábranových papírů fenolformaldehydová či močovinoformaldehydová pryskyřice. Papíry impregnované melaminformaldehydovou pryskyřicí jsou tvrdé, křehké, stálé na světle, odolné proti plísním, houbám a hnilobě. Jsou těžce zápalné a samozhášivé. Dále je možné použít pryskyřice malaminové, močovinové, melaminmočovinové směsi nebo speciální pryskyřice polyvinylacetátové, polyesterové apod. (Čížek 1985, Hrázský, Král 2007).

Papír se vyrábí v kontinuálních linkách s rychlostí posuvu od 10 do 20 m za minutu. Papír se suší ve vlnosbě proudem horkého vzduchu o teplotě 160 °C. Délka sušáren bývá 10 až 20 m (Čížek 1985).

Vrstvený materiál se nejčastěji skládá z krycího listu. Ten zajišťuje tvrdý lesklý a průhledný povrch. Pod ním je umístěn dekorační papír s jednobarevným pigmentem nebo vzorem. Dále podkladový papír zabraňující průsaku nosné vrstvy. Ta dodává listu dostatečnou pevnost při manipulaci a zpracování. Úplně dospod se dává nálepový papír usnadňující lepení dílce.

Jako pojivo k lepení vrstvených lisovaných desek se hodí buď disperzní lepidla, jako PVAC s malým obsahem vody, kontaktní lepidla a kondenzační lepidla - močovinformaldehydová, melminformaldehydová, fenolresorcinová apod. Spoje slepené PVAC lepidly jsou houževnaté a pružné. Je pro ně nezbytný rovnoměrný nános lepidla 90-150 g/m<sup>2</sup>. Povrch desek musí být čistý, bez prachu a zbavený mastnoty. Zbytková vlhkost se vsakuje do nosného materiálu, protože lamináty nepropouští vlhkost. PVAC lepidla nesnáší na výrobku vyšší teploty. Kontaktní lepidla mají tu výhodu, že nepředávají nosným deskám vlhkost. Standardně jsou odolná do 70°C, ale po přimíchání tvrdidel až do 130°C (Hrázský, Král 2007).

Laminace velkoplošných desek, kterou lze provádět buď vytvořením laminátu přímo na povrchu desky, nebo nalepením hotového laminovaného listu na povrch desky. Rozdíl je jen v tom že při výrobě samostatných listů se lisuje současně 6 až 8 listů v jedné etáži. Lisování probíhá za tlaků 2 až 3 MPa a při teplotě kolem 150°C (Čížek 1985).

### **5.3 Opracovávání desek s umělým povrchem**

Při opracovávání je třeba mít na zřeteli, že vrstvené povrchy jsou velice tvrdé a křehké. Proto při obrábění desek s laminovanými povrchy je třeba věnovat zvláštní péči spolehlivé ochraně povrchů před poškrábáním a čistotě všech pracovních ploch. Je možno používat jen stroje, jejichž plochy jsou kryty pryžovými nebo plstěnými povlaky, nebo kde jsou obráběné desky uloženy v upínacím nebo podávacím přípravku, vyloženém měkkými hmotami, zabraňujícími poškození povrchu (Čížek 1985).

## 6 Řezné nástroje

Při obrábění MDF desek byly použity nástroje ze slinutého karbidu (viz. Tab. 2.). Mají označení nůž 1 a 2. Jeden z nožů byl opatřen povlakem z nitridu titanu a je označen TN1.

Soudobé řezné nástroje pro strojní obrábění jsou vyráběny z rozmanitých materiálů. Od nástrojové oceli, zejména rychlořezné přes slinuté karbidy, které mohou i nemusí být opatřeny povlakem. Největší objem materiálů pro řezné nástroje je skupina slinutých karbidů. V češtině se pro slinuté karbidy výjimečně užívá i gramaticky a technicky nesprávný název „tvrdokov“ který vznikl doslovným překladem německého výrazu Hartmetalles a má vyjadřovat skutečnost že se jedná o materiály, které mají podobné vlastnosti jako kovy ale mnohem vyšší tvrdost. Břit nástroje musí mít odpovídající houževnatost a současně vysokou tvrdost v oblasti ostří, která nesmí příliš poklesnout ani při vysokých pracovních teplotách (Humár 2008).

### 6.1 Břity ze slinutých karbidů

Látky s vyšší tvrdostí než kalené nástroje oceli je například diamant. Ten ale v důsledku své nízké houževnatosti nebyl vhodný pro výrobu klasického řezného nástroje s definovatelnou geometrií. Skok přišel až s vývojem elektrické obloukové pece. Jako první byly objeveny a užívány karbidy wolframu. Smícháním práškového wolframu s uhlíkem a kovem získáme výrobek s nízkou pórovitostí, velmi vysokou tvrdostí a značnou pevností. První průmyslovou výrobu rozvinula německá firma Krupp. Od roku 1935 byly slinuté karbidy vyráběny v Německu, Rakousku, Francii, Japonsku, Švédsku a Švýcarsku stejně jako ve Velké Británii a USA, tedy prakticky po celém světě. Snižováním zrnitosti slinutého karbidu narůstá trvanlivost nástroje. V roce 1946 aplikovala francouzská firma Societe Le Carbone-Lorraine britský patent pro přísadu malého množství chromu a vanadu do slinutých karbidů kvůli řízení růstu zrna v průběhu slinování (Humár 2008).

Slinuté karbidy, označované obvykle zkratkou SK, jsou za vysokého žáru spékané a slisované směsi karbidu wolframu, nebo titanu či tantalu s kobaltem. Na rozdíl od oceli se netvářejí za tepla, nekálí a nepopouštějí. Dají se pouze brousit. Jsou to destičky o tloušťce 3mm až 5 mm s šířkou 10mm, které jsou navařené

mědí či mosazí na ocelové obráběcí těleso. Mají bod tání kolem 2000°C, proto zvyšující se teplota při obrábění má velmi malý vliv na otupování, na rozdíl od oceli. Problém však je v jejich veliké křehkosti (Čížek 1985).

V prvních řezných aplikacích byl nový řezný nástroj vytvořen tak, že destičky ze slinutých karbidů byly pájeny do ocelových držáků. Změny v upevnění destičky v držáku (z pájeného spoje na konstrukci s mechanickým upínáním) se objevily v polovině 50. let, v současnosti má již drtivá většina nástrojů mechanicky upínanou vyměnitelnou břitovou destičku (Humár 2008).

V roce 1969 byla zavedena výroba vyměnitelných břitových destiček s tenkými povrchovými vrstvami TiC. Brzy nato byly vyvinuty povlaky TiN a TiCN. Povlaky PVD (Physical Vapour Deposition - fyzikální napařování) se objevily na začátku 80. let. Nejužívanějším povlakem PVD byl jednovrstvý TiN, získaný metodou reaktivní iontové implementace (Humár 2008).

## 6.2 Wolfram

V sedmnáctém století zjistili horníci v saském pohoří Ertz, že některé rudy narušují redukci cínovce a vytvářejí strusku. V roce 1758 švédský chemik Axel Fredrik Cronstedt objevil a popsal neobvykle těžkou horninu. První průmyslovou aplikací wolframu byli legované a kalené oceli na konci 19. století. Za jeden z nejvýznamnějších milníků v chronologii wolframu lze považovat rok 1923, kdy Karl Schröter vynalezl slinutý karbid WC+Co. Vlastnosti slinutých těles, kde je základní složkou WC, výrazně závisejí na velikost zrn wolframového prášku (Humár 2008).

WC je vůbec prvním karbidem, který byl využíván jako tvrdá fáze slinutých karbidů. Žádné další atomy kovů nelze v karbidu wolframu rozpustit, může však obsahovat malé množství dusíku. Karbid wolframu je vyráběn z prášku čistého wolframu, který je po smíchání s pevným uhlíkem ohříván v atmosféře nauhličujících plynů při teplotě 1300 - 2400°C. Vzniká zejména chemickou reakcí čistého wolframu s uhlíkem z plynné fáze (Humár 2008).

### 6.3 Tvorba povlaků

Největšího pokroku bylo dosaženo v oblasti povlakování slinutých karbidů. Povlakované slinuté karbidy jsou vyráběny tak, že na podklad z běžného slinutého karbidu je nanášena tenká vrstva materiálu s vysokou tvrdostí a vynikající odolností proti opotřebení. Obvykle, jsou uváděny tyto vývojové stupně povlakových slinutých karbidů:

1. generace je jednovrstvý povlak (výhradně TiC), který měl špatnou soudržnost podkladu a povlaku. Při obrábění docházelo k odlupování povlaku a znehodnocování nástroje.

2. generace je jednovrstvý povlak (TiC, TiCN, TiN) s větší tloušťkou bez nebezpečí odlupování povlaku.

3. generace je povlak z dvou, tří či více vrstev s ostře ohraničenými přechody mezi jednotlivými vrstvami. Nanášení se provádí od nejvíce přilnavých a méně odolných vrstev až po méně přilnavé a nejvíce odolné.

4. generace je speciální vícevrstvý povlak, velmi často složený z více než deseti vrstev s méně či více výraznými přechody mezi jednotlivými vrstvami.

V současné době jsou aplikovány jak jednovrstvé, tak i vícevrstvé povlaky třetí nebo čtvrté generace, podle různých způsobů a podmínek obrábění. Různé materiály povlaků mají různé fyzikální i mechanické vlastnosti, které významně ovlivňují jejich odolnost proti opotřebení při aplikacích pro řezné nástroje. TiN je měkčí než TiC, proto je méně otěruvzdorný, ale je termodynamicky stabilní a odolný proti tvorbě výmolu na čele nástroje. Dnes prakticky na všechny materiály pro řezné nástroje (SK, cermety, řezná keramika) lze nanést povrchovou vrstvu tvrdých a otěruvzdorných povlaků (Humár 2008).

Metody utváření povlaku lze rozdělit na dvě základní skupiny. Metoda CVD (Chemical Vapour Deposition - chemické napařování z plynné fáze) probíhá za vysokých teplot kolem 1000 - 1300 °C a je hlavní metodou povlakování slinutých karbidů. Metoda PVD je charakteristická nízkými pracovními teplotami a byla původně vyvinuta pro povlakování rychlořezné oceli. V dnešní době dochází k většímu rozvoji aplikace PVD metody k povlakování slinutých karbidů.

## 6.4 PVD metoda povlakování

PVD procesy se používají k povlakování široké škály nástrojů a komponent vrstvami karbidů, nitridů či karbonitridů kovů, jako Ti, Cr, Zr či slitin, jako AlCr, AlTi či TiSi. Typickým použitím těchto povlaků jsou obráběcí a tvářecí nástroje, mechanické komponenty či zdravotnické nástroje a pomůcky, které těží z mechanických vlastností a vzhledu jednotlivých povlaků.

Fyzikální depozice vrstev (PVD) je metoda pro výrobu tvrdých povlaků na bázi kovů prostřednictvím částečně ionizovaných par kovu a jejich reakcí s některými plyny, čímž se na základním materiálu vytváří tenká vrstva s definovaným složením. Depoziční teplota se při PVD procesu pohybuje mezi 250°C a 450°C. V některých případech mohou být naše PVD povlaky v závislosti na druhu základního materiálu a aplikaci nanесeny již při teplotě pod 70°C nebo naopak až při teplotě 600°C. Základním materiálem určeným k povlakování mohou být oceli, neželezné kovy, karbidy wolframu stejně jako galvanicky pokovené plasty. Možnost nanесení PVD povlaku na konkrétní základní materiál je omezena pouze stabilitou materiálu při depoziční teplotě a jeho elektrickou vodivostí. Tloušťka vrstvy se pohybuje mezi 2-5 um, ale může být tenká i jen několik set nanometrů nebo naopak silná až 15 či více um. Tyto povlaky mohou být připraveny jako monovrstva, multivrstva či gradientní vrstva. Nejnovější generací povlaků jsou nanostrukturní a supermřížkové variace vícevrstvých povlaků poskytující zlepšení vlastností. Struktura povlaku může být optimalizována vzhledem k požadovaným vlastnostem, jako je tvrdost, adheze, tření atd. Povlak je vždy vybírán dle náročnosti aplikace. Nejčastěji používané metody jsou napařování a obloukové napařování. Všechny PVD procesy probíhají za podmínek vysokého vakua ([www.ionbond.com](http://www.ionbond.com)).

Napařování je depozice částic oddělených s povrchu zdroje fyzikálním odprašovacím procesem. Obvykle probíhá ve vakuu nebo při nízkém tlaku plynu (<0,7 Pa), kdy se odprašené částice dostanou na povrch substrátu bez kolize s molekulami plynu, v prostoru mezi zdrojem a substrátem. Touto metodou lze vytvářet tenké povlaky z těžkotavitelných materiálů bez požadavku ohřevu terče (katoda z materiálu který má být nanášen) na vysokou teplotu, která je potřebná při odprašovacím procesu (Humár 2008).

Napařování je proces, kde je materiál odpařován z terčů, které jsou ohřívány různými způsoby. Substrát může být ohříván, anebo připojen na požadované předpětí použitím stejnosměrného nebo střídavého napájení. Odpařovací zdroje jsou klasifikovány podle způsobu ohřevu pro přeměnu z tuhého nebo kapalného stavu do plynné fáze. Mohou to být vyhřívání dráty a kovové fólie, nebo vysokonapěťový elektronový paprsek (Humár 2008).

Nástroj, kterým byla obráběna MDF deska oboustranně laminovaná, byl opatřen povrchem z nitridu titanu. Ten vyniká svojí houževnatostí a vysokou tvrdostí.

## 6.5 Nitrid titanu

Pro výrobu práškového TiN lze použít mnoho různých metod, některé z nich produkují čistější materiály vzhledem ke stopovým množstvím prvků  $N_2$  a  $O_2$ .

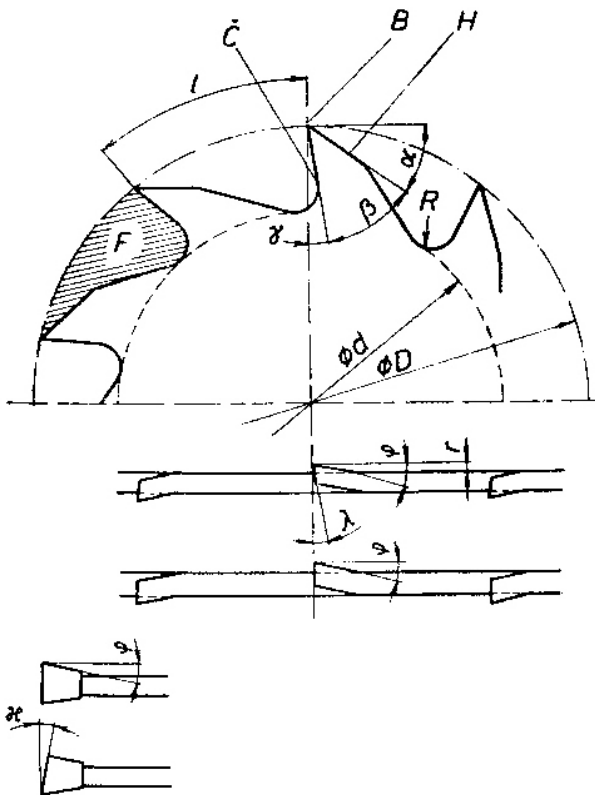
a) Nitridace oxidu titaničitého za přítomnosti uhlíku pomocí dusíku nebo čpavku, při teplotách 1200 - 1400 °C. Jedná se o vícestupňovou reakci a výsledný produkt může obsahovat vysoké stopové množství prvků  $N_2$  a  $O_2$ .

b) Nitridace prášků kovového titanu nebo hydridu titanu pomocí dusíku nebo čpavku, při teplotách 1200 - 1400 °C. Pro zajištění úplné reakce musí být proces realizován při tlaku asi 100 MPa, výsledný produkt má vysokou čistotu.

c) Reakce chloridu titanu nebo oxid chloridu titanu se čpavkem, která je založena na tepelném rozkladu mezifázových halogenových sloučenin (Humár 2008).

## 6.6 Řezné úhly

Obr. 1. Řezný zub (Čížek 1985)



Úhel čela  $\gamma$ , je tím větší, čím je obráběný materiál měkčí, se stoupající tvrdostí nebo loupavostí se zmenšuje až k nulové hodnotě. Úhel břitu  $\beta$  má být co největší, aby se snížily vibrace a zvýšila pevnost zubu. U křehkých SK přes  $60^\circ$ . Úhel hřbetu  $\alpha$  je větší, čím bude materiál měkčí. Je limitován posuvem. Úhel odklonu břitu  $\kappa$  napomáhá k lepšímu prořezávání vláken. Úhel sklonu břitu  $\lambda$  s úhlem  $\phi$  vytvářejí vedlejší ostří, které zlepšuje kvalitu řezné plochy. Hodnota rozvodu  $r$  má za úkol snížit boční tření a tím zahřívání kotouče. Čím vlhčí a měkčí je materiál, tím musí mít pila větší rozvod (Čížek 1985).



## 7 Drsnost

Drsností obrobeneho povrchu rozumíme rozměrově nepatrné nepravidelnosti povrchu (vyvýšeniny a prohloubeniny, důlky, rýhy), řádově až v tisícinách milimetru (mikrometrech). Při posuzování drsnosti povrchu musíme dělat rozdíl mezi drsností podélnou a příčnou. Drsnost podélná závisí hlavně na obráběném materiálu, na způsobu tvoření třísek a velikosti deformace pod břitem a na řezných podmínkách, popř. tuhosti. Drsnost příčná může být při obrábění jednobřitovým nástrojem přibližně odvozena z tvaru nástroje a jeho pohybu (posuvu) vzhledem k obrobku (Dostál, 1962)

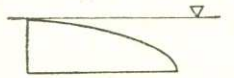
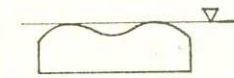
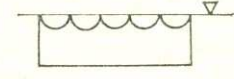
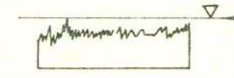
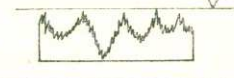
Vztah mezi funkcí a jakostí povrchu plochy, která je vytvořena jistou technologickou metodou, je možné hodnotit ze dvou hledisek. Prvním je prostorové uspořádání povrchu, které je vyjadřováno především jeho drsností. Druhým hlediskem jsou fyzikální a chemické vlastnosti povrchové vrstvy součásti (Bumbálek a kol. 1989).

Drsnost povrchu nebo struktura povrchu je kvalita obráběného povrchu, která je určena způsobem obrábění, vzhledem a hloubkou stop po nástroji. Velký vliv na kvalitu funkčních ploch strojních částí má mikrogeometrie (drsnost) povrchu. Pokud je uvažován v souhrnu vlastností zabezpečujících užití výrobku pro určitý účel, je její význam umocněn. Vztah mezi jakostí povrchu a funkčními požadavky významných a důležitých ploch není zatím obecně stanoven, protože nejsou obecně definovány údaje o funkci plochy. Ta by měla být popsána v parametrech výrobních procesů, kterými je plocha dokončena. Je zapotřebí znát odolnost plochy vůči namáhání (Bumbálek a kol. 1989, Wikipedie).

Jedním z předpokladů řešení jakosti povrchu odpovídajícími ukazateli, závislými na jakosti povrchu, je objasňování mechanismu vytváření drsnosti povrchu, a to v závislostech na vlastnostech použitého materiálu, metodách dokončování, pracovních podmínkách, na nástrojích, obráběcích strojích a dalších parametrech. Jakost je ovlivňována vztahem mezi drsností povrchu, funkčními ukazateli a technologickými činiteli. Proto má drsnost své místo jako činitel jakosti. Funkce a funkční vlastnosti jsou spojeny s geometrickými parametry obrobene plochy. Přesnost dodržení předepsaných geometrických parametrů je dána souhrnem jejich odchylek (úchylek) od ideální geometrie. Vznikají v důsledku nepřesnosti při výrobě. Můžeme je klasifikovat do skupin dle obrázku

1. Příčiny vzniku úchylek je možné hledat v kinematice procesu výroby funkčních ploch, v mechanismu vytváření nového povrchu, který je vlastně procesem plastické deformace, a konečně ve chvění celého systému stroj, nástroj, obrobek. První z uvedených příčin ovlivňuje periodickou složku nerovností, druhá složka je náhodná a třetí může ovlivňovat obě složky. Profil nerovností je rozkládán na složky odpovídající jednotlivým parametrům geometrické nepřesnosti. Tvar a vlnitost jsou označovány jako makrogeometrie, drsnost povrchu jako mikrogeometrie. Je-li vytvořená plocha výstupem výrobního systému, potom tato plocha bude v sobě odrážet i dynamické chování výrobních strojů. Nepravidelnosti, které jsou na obrobené ploše viditelné a dají se zjistit i hmatem, velmi úzce souvisí s vlastním výrobním procesem, kterým hodnocená plocha vznikla. Takováto plocha je kvalifikována jako hladká či drsná.

Obr. 2. Klasifikace úchylek povrchu (Bumbálek a kol. 1989)

Řád	Druh úchylky	Znázornění úchylky	Příčiny vzniku úchylky
1	Úchylka tvaru		Špatné upnutí, prohnutí obrobku, chyby ve vedení stroje, opotřebení
2	Vlnitost		Chvění stroje, nástroje, nesprávné upnutí
3	Drsnost — periodický profil		Tvar nástroje, řezné podmínky (posuv)
4	Drsnost — aperiodický, náhodný profil		Mechanismus vzniku nového povrchu
1 až 4	Celkový profil		Spojení úchylek 1 až 4
5	Strukturální změny	Nelze znázornit	Krystalické pochody, korozní pochody
6	Změny mřížky	Nelze znázornit	Fyzikální a chemické pochody ve stavbě materiálu, napětí v krystalické mřížce

## 7.1 Jak povrch vzniká

Na obrobené ploše vznikají nerovnosti, které mají v mnoha případech určité charakteristické uspořádání, které je výsledkem vzájemných geometrických

a kinematických vztahů nástroje a obrobku, doprovázených některými fyzikálními jevy. Projeví se to buď na změně charakteru povrchu, nebo na změně vlastností povrchové vrstvy dle podmínek obrábění, druhu materiálu obrobku, materiálu nástroje. Největší vliv na výsledný tvar obrobené plochy má tvar špičky nástroje, který je definován v rovině rovnoběžné se základní rovinou, poloměrem zaoblení, hlavním úhlem nastavení a vedlejším úhlem nastavení. Další činitel charakterizující kinematický vztah mezi špičkou nástroje a obrobkem, a který má významný vliv na drsnost povrchu, je posuv, který u všech metod obrábění je nejvýznamnější veličinou řezných podmínek (Bumbálek a kol. 1989).

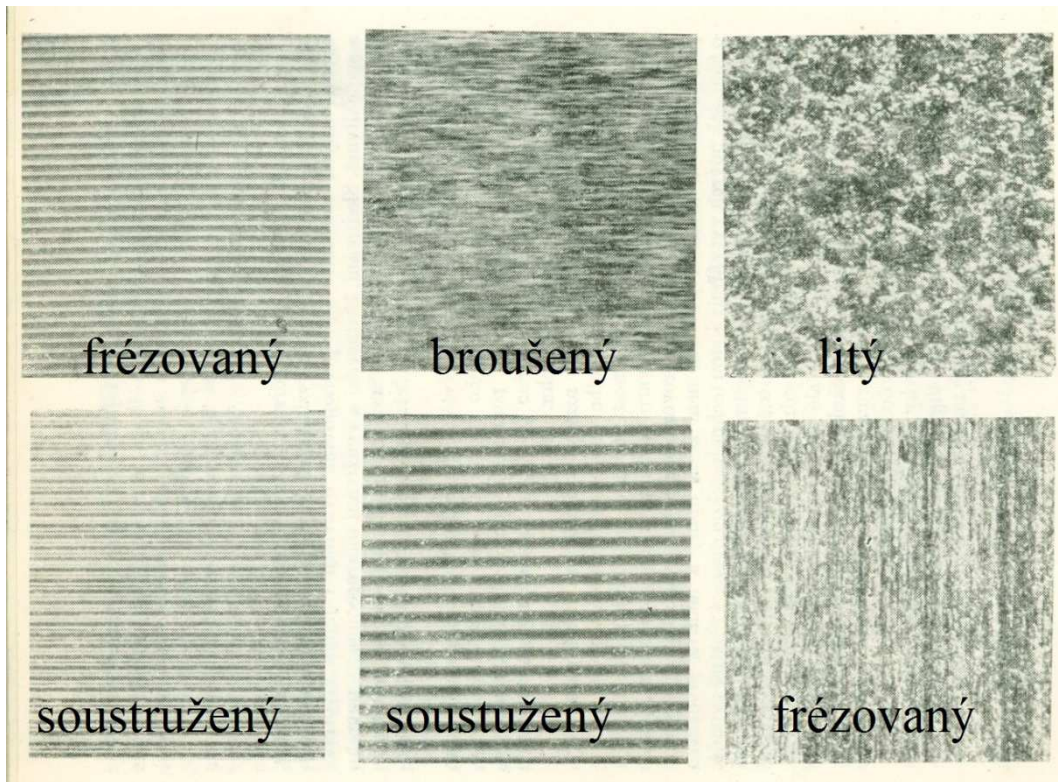
Pokud by byl obráběný materiál absolutně nedeformovatelný a ostří nástroje tvoří geometrické čáry (systém stroj - nástroj - obrobek je absolutně tuhý), můžeme určit teoretickou drsnost povrchu. Respektive teoretickou největší výšku nerovností ze vzorců odpovídajících geometrickým schémátům kinematiky odebírané třísky. Skutečné charakteristiky drsnosti povrchu se co do velikosti i tvaru odlišují od vypočtených teoretických hodnot. Příčiny těchto odlišností je třeba hledat v materiálových a technologických činitelích. Z hlediska materiálu je řezání procesem plastické deformace, která se mění s řeznými podmínkami. Materiálové faktory mají vždy největší vliv na zvýšení drsnosti. Z hlediska technologických činitelů je to chvění nástroje a obráběné části, nerovnosti ostří řezného nástroje a jeho opotřebení.

Tříska vznikající při řezání, je důsledkem deformačního procesu, který probíhá s břitem nástroje. Tato plastická deformace je ovlivněna druhem obráběného materiálu a podmínkami za kterých probíhá, zejména deformační rychlost a teplota (Bumbálek a kol. 1989).

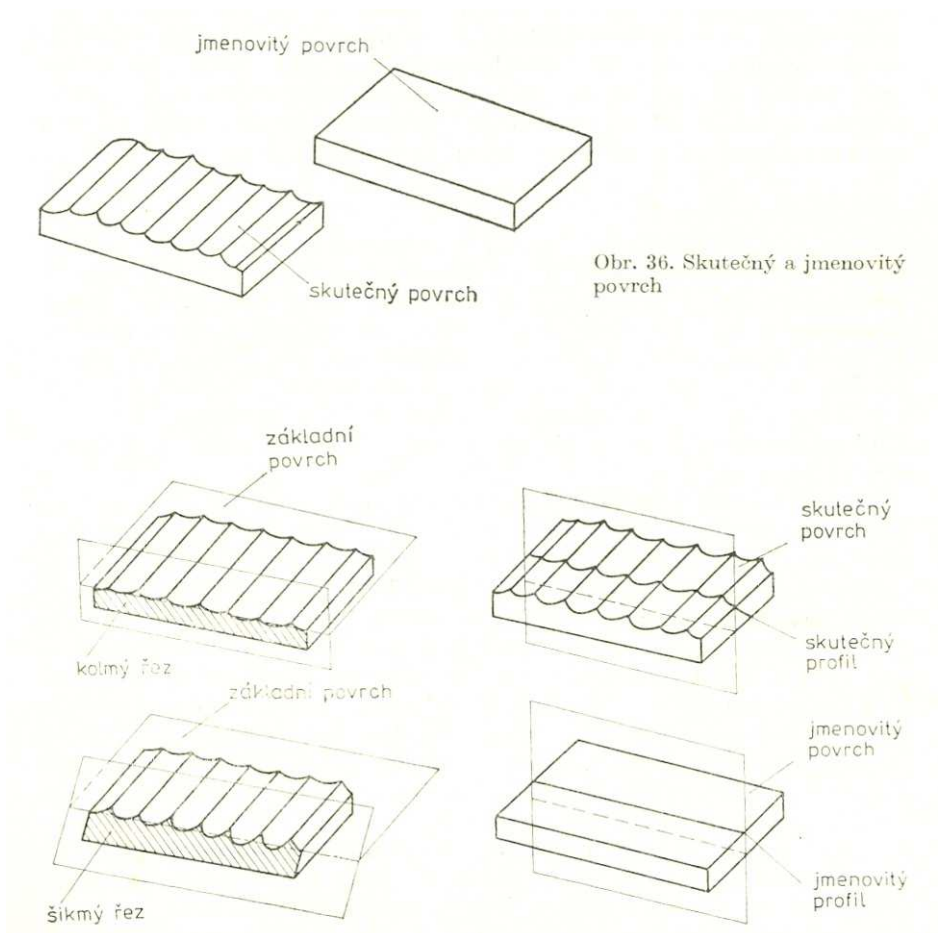
## 7.2 Názvosloví drsnosti povrchu

Parametry struktury povrchu jsou definovány v pravotočivé kartézské soustavě souřadnic dle normy ČSN EN ISO 4287. Od základního tvaru povrchu jsou vyhodnocovány nerovnosti. Ty se liší dle metod obrábění (obr. 4.). Pokud provedeme šikmý nebo kolmý řez k základnímu povrchu, získáme skutečný profil povrchu. Plochy a řezy jsou vidět na obr. 5.

Obr. 3. Povrchy dokončené různými metodami (Bumbálek kol. 1989)



Obr. 4. Řezy a profily povrchu (Bumbálek a kol. 1989)



### 7.3 Vyhodnocování drsnosti

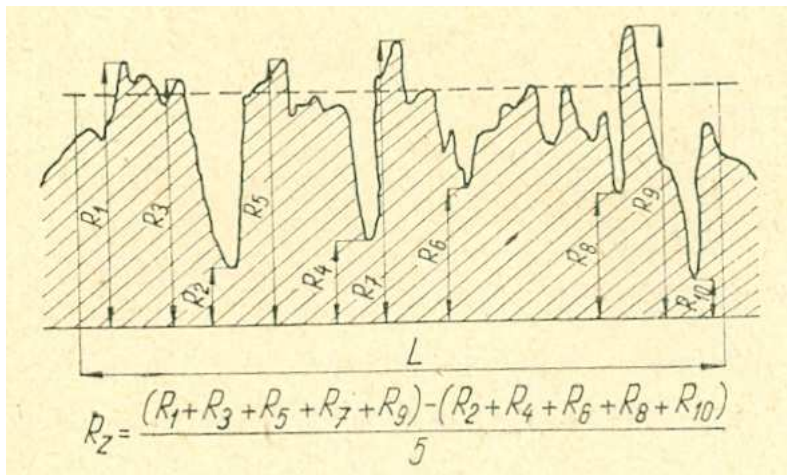
Na řezu povrchem profilu při zvětšení můžeme stanovovat níže uvedené hodnoty. Parametry, definice a termíny pro určování struktury povrchu nám určuje norma ČSN EN ISO 4287 - Geometrické požadavky na výrobky. Měřitelné parametry lze rozdělit na výškové, délkové, tvarové a na křivky a odpovídající parametry.

Já jsem si pro své měření vybral parametr  $R_a$  z průměrných výškových hodnot,  $R_{Sm}$  z délkových hodnot a  $R_z$  z výškových hodnot.

$R_{max}$  - je maximální výška nerovností. Vyjadřuje vzdálenost od největšího vrcholu k největší prohlubni. Tato hodnota má malý význam, byť může být hodně zkruslena rýhami v jinak hladkém povrchu.

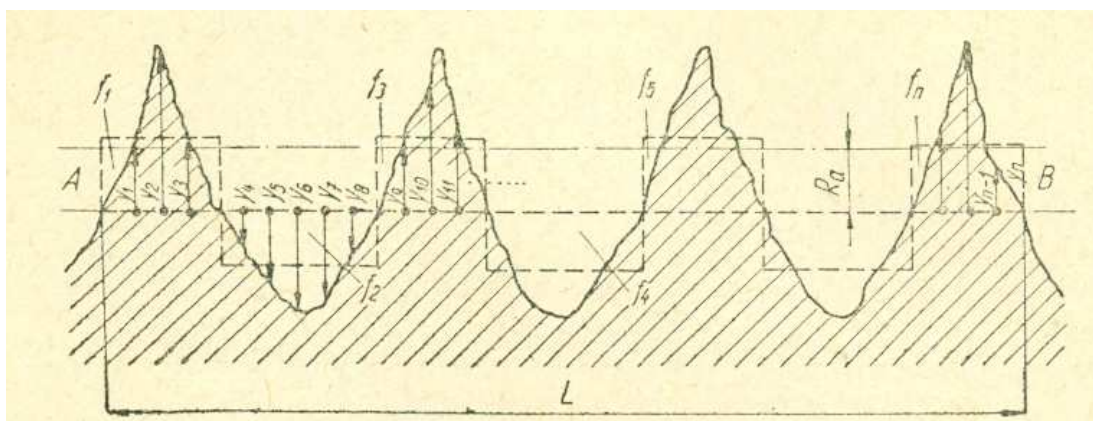
$R_z$  - je střední hodnota mezi souřadnicemi nejvyšších a nejnižších stejného množství. Měří se od čáry rovnoběžné se střední čarou profilu v délce měřeného úseku. Na obrázku 6. je vidět podle deseti bodů.

Obr. 5. Výška nerovností Rz (Dostál, 1962)



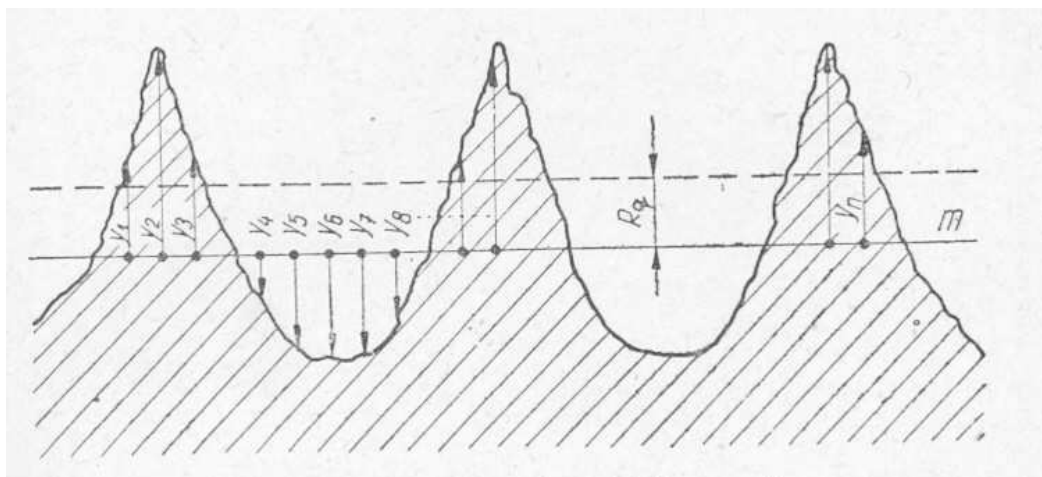
Ra - je střední aritmetická drsnost (střední aritmetická odchylka od střední čáry profilu povrchu). Představuje jakousi střední úchylku od střední čáry profilu jako základny.  $R_a = \frac{1}{L} \int_A^B |y| \cdot dx = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y|$

Obr. 6. Střední aritmetická drsnost Ra (Dostál 1962)



Rq - je střední geometrická drsnost. Dostaneme jí integrací všech výšek a hloubek profilu. Hodnoty Ra a Rq jsou pro hodnocení prakticky rovnocenné.

Obr. 7. Střední kvadratická drsnost  $R_q$  (Dostál 1962)



$R_c$  - je průměrná výška prvků profilu. Průměrná hodnota výšek  $Z_t$  prvků profilu v rozsahu základní délky.  $R_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{ti}$

$R_t$  - je celková výška profilu. Součet výšky nejvyššího výstupku profilu a hloubky nejnižší prohlubně profilu v rozsahu vyhodnocované délky.

$R_{sk}$  - je šikmost posuzovaného profilu. Vypočítá se podíl průměrné hodnoty třetích mocnin pořadnic  $Z(x)$  a třetí mocniny hodnoty  $R_q$ , v rozsahu základní délky.  $R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \left[ \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z^3 x| dx \right]$

$R_{ku}$  - je špičatost posuzovaného profilu.  $R_{ku} = \frac{1}{R_q^2} \left[ \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z^4 x| dx \right]$

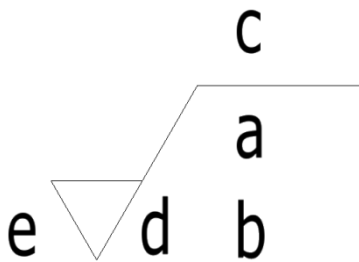
$R_{sm}$  - je průměrná šířka prvků profilu. Vypočítá se aritmetickým průměrem šířek  $X_s$  prvků profilu v rozsahu základní délky.  $R_{sm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_s$

## 7.4 Značení drsnosti povrchu

Drsnost povrchu je jakost povrchu a na technických výkresech se značí značkami, které se řídí dle normy ČSN ISO 1302 - Geometrické požadavky na výrobky. Na obr. 8. a 9. vidíme, jaké značky se dají využít. Základní značkou se dá označit obrobená či neobrobená plocha. Další dvě značky označují, zda se povrch dá následně obrábět s odebráním materiálu či nikoliv. Dále se u označení používají symboly, které označují další parametry, které vidíme na obr. 9.

Drsnost povrchu je předepsána pro všechny plochy výrobku. Neuvádí se pouze u vrtaných obrobků, které nebudou dále obráběny, u kuželových a válcových zahloubení, zápichů, sražených hran a plastů.

Obr. 8. Symboly na výkrese (Wikipedie)



- a - požadavek na strukturu povrchu
- b - případné další požadavky na strukturu povrchu
- c - výrobní proces, zpracování, úprava povrchu
- d - orientace nerovností
- e - přídavek na obrábění v milimetrech

Obr. 9. Značení drsnosti (Wikipedie)



- Index d na obr. 8. znázorňuje směr nerovností. Ty se znázorňují těmito značkami:
- = rovnoběžný směr
  - ⊥ kolmý směr
  - X zkřížený směr
  - M libovolný směr
  - C kruhový směr
  - R cykloidní směr
  - P bodový



## 7.5 Vliv řezných podmínek na drsnost povrchu

Drsnost povrchu je ovlivněna zásadně procesem řezání. Zvětšení skutečné drsnosti proti teoretické je při různých způsobech a podmínkách obrábění pro různé obráběné materiály vždy jiné a bývá dvojnásobné i vícenásobné. Struktura povrchové vrstvičky je jiná, má jiné vlastnosti než materiál uvnitř obrobku, je tvrdší a jeví vnitřní pnutí (Dostál 1962).

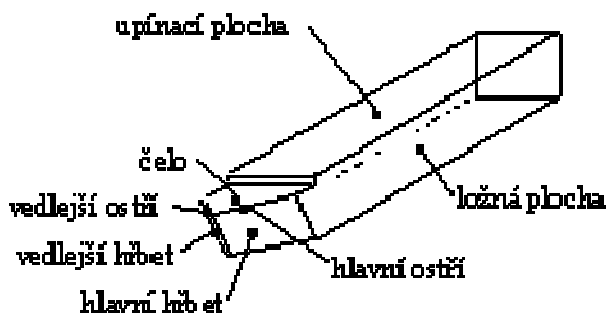
Posuvná rychlost: s její zvyšující se rychlostí se obecně drsnost povrchu úměrně zhoršuje.

Hloubka řezu: má malý vliv na drsnost povrchu.

Řezná rychlost: projeví se hlavně na drsnosti při nárůstu na břitu. Při dokončovacích pracích se již nárůstek netvoří a povrch je proto poměrně velmi hladký a má konstantní drsnost. Při obrábění vyššími rychlostmi se skoro vždy drsnost snižuje, neboť se zmenšuje i tloušťka třísky.

Geometrie nástroje: jedná se hlavně o nastavení úhlu hlavního a vedlejšího ostří, úhlu čela a poloměru zaoblení špičky. Čím větší je úhel čela a menší úhel řezu tím je menší maximální výška nerovností. Změna drsnosti v závislosti na úhlu čela je poměrně malá a závisí na druhu a vlastnostech obráběného materiálu. V průběhu otupení se mění poloměr zaoblení špičky, který má podstatný vliv na drsnost.

Obr. 10. Ostří (jhamernik.sweb.cz)



Chlazení a mazání: má vliv hlavně v oblasti nárůstu na břitu (Dostál 1962).

## 8 Měření drsnosti

Postup měření drsnosti vzorků vychází z normy ČSN EN ISO 4288 - Geometrické požadavky na výrobky - struktura povrchu. Nejprve je nutno odhadnout neznámý parametr profilu drsnosti povrchu Ra, Rc, RSm, vizuální prohlídkou, srovnáním pomocí srovnávacích vzorků, grafickou analýzou celého profilu. Z tabulky odhadneme základní délku pro hodnoty Ra, Rc, RSm. V měřicím přístroji nastavíme odhadnuté hodnoty základní délky a uděláme reprezentativní měření Ra, Rc, RSm. Následně porovnáme naměřené hodnoty Ra, Rc, RSm s rozsahem identických hodnot v tabulce odpovídající odhadnuté základní délce. Pokud by byli naměřené hodnoty mimo rozsah hodnot pro odhadnutou základní délku, potom se nastaví přístroj na větší, případně menší základní délku, než je základní délka indikovaná pro měřenou hodnotu. Potom se opět měří reprezentativní hodnota za použití této nastavené základní délky a porovná s hodnotami v tabulce. Toto provádíme, dokud nebude dosažena kombinace měřené hodnoty a základní délky navrhované v tabulce. Získáme tím reprezentativní měření parametrů, které chceme, za použití mezní vlnové délky odhadnuté v předešlých krocích.

Tab. 1 Základní délky drsnosti pro měření (ČSN EN ISO 4288)

Ra μm	Rc μm	RSm mm	Ir mm	In mm	It mm
0,006...0,02	0,025...0,1	0,013...0,04	0,08	0,4	0,48
0,02...0,1	0,1...0,5	0,04...0,13	0,25	1,25	1,5
0,1...2	0,5...10	0,13...0,4	0,8	4	4,8
2...10	10...50	0,4...1,3	2,5	12,5	15
10...80	50...200	1,3...4	8	40	48

Požadavky na měřicí profiloměry (ČSN 49 0231 - Přípravky na opracování řeziva a přířezů řeziva, drsnosti povrchu výrobků ze dřeva a na bázi dřeva).

- umožňování měření na celé délce měřeného úseku
- měření od 0,01 mm do 1,6 mm
- minimální tlak snímacího hrotu do 0,01 N
- možnost vyšetřit i skryté vytržení vláken u řezaných povrchů
- nepoškodit zkoušený povrch

- f) co nejmenší pracnost při dostatečné přesnosti měření
- g) možnosti vyhodnotit případnou vlnitost povrchu oddělené od drsnosti

## 8.1 Měřicí přístroj

Pro měření vzorků byl použit přístroj používaný ve školních laboratořích od firmy Taylor Hobson. Přesný název tohoto přenosného přístroje je Form Talysurf Series Intra 2. Je to dotkový indukční měřicí přístroj, který analyzuje drsnost, vlnitost a rozměrové parametry základního profilu. Přístroj disponuje těmito parametry.

délka snímání:	0,1 - 50 mm
rychlost snímání:	10 mm/s - 1 mm/s
poměr k rozsahu k rozlišení:	65531:1
nejistota měření:	12,5 - 25 mm (0,04%)

(Taylor Hobson 2009, Stanford)

Přístroj váží přibližně tři kilogramy, proto se dá snadno přemísťovat do dílny či laboratoře kde je zapotřebí měřit hodnoty. Stojí na třech kovových nožičkách, které by měly být umístěny na rovném a pevném podkladu. To zaručuje přesnost měření. Pozornost musí být věnována vibracím v okolí přístroje (např. náš vlastní pohyb), které by mohly zkreslit výsledky měření. Já jsem v dílně používal mramorovou desku, jejíž váha by vibrace měla značně eliminovat. Přístroj je propojen s výpočetní technikou přes USB port a zapojen do elektrické sítě. Zepředu je nainstalován nástavec s ukotveným měřicím hrotem. Pokud je vše zapojeno, může být započato vlastní měření.

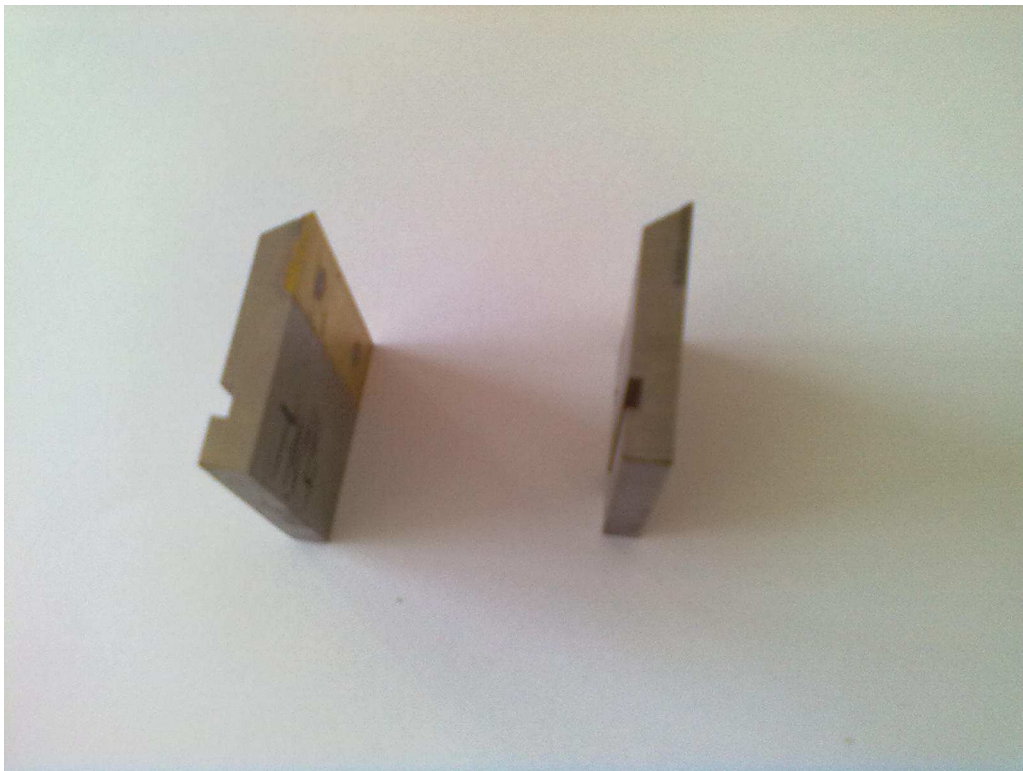
## 9 Materiál pro výzkum

Pro zkušební měření byly vybrány dva typy středně tvrdých dřevovláknitých desek (MDF). První série vzorků byla z MDF surové, která má svůj povrch pouze přebroušen. Druhým typem desky byla MDF deska opatřená bílým laminovaným povrchem. Desky byly rozděleny na tři skupiny. První skupinu tvořila MDF deska surová, která byla následně obráběna nožem ze slinutého karbidu bez povlaku. MDF deska opatřená laminovaným povrchem tvořila dvě skupiny. Jedna se obráběla též nožem ze slinutých karbidů bez povlaku a druhá skupina se obráběla nožem ze slinutých karbidů s povlakem. Z těchto tří skupin desek byly po obrobení odebrány vzorky o délce 80 cm a šířce 2 cm. Tloušťka vzorků byla stejná jako obráběná deska 18mm. Aby bylo možné získat dostatek míst pro měření drsnosti, byly původní vzorky o délce 80 cm rozděleny na dva stejně dlouhé kusy na pásové pile.

## 10 Řezné nástroje pro výzkum

Pro obrábění MDF desek bylo užito dvou typů nožů. První byly standardní žiletky pro dřevoobráběcí nástroje. S tímto nožem byla opracována MDF deska surová a MDF deska opatřená laminovaným povrchem. Druhý nůž byl slinutý karbid s povlakem TiN (nitrid titanu). Tímto nožem byla obráběna MDF deska opatřená laminovaným povrchem. Nože byli od firmy „Ceratizit“, která má vedoucí postavení na celosvětovém trhu pro vývoj karbidů.

Obr. 11. Řezné nástroje



## 11 Vzorky

Tři skupiny vzorků MDF desek (dvě skupiny MDF laminovaná a jedna skupina MDF surová) byli postupně obráběny jednotlivými noži. Frézování MDF desky nožem bylo prováděno až do délky 4000m. Po určité délce opracovávané desky byl pořízen vzorek odříznutím cca 2 cm z její šířky. Délky, po kterých byly odebírány jednotlivé vzorky, jsou uvedeny v tabulce 2. Na každém vzorku bude tedy patrné, jakou stopu zanechává obráběcí nůž po postupném otupení.

Na drsnosti povrchu je jakost výrobků závislá, nároky na ni ale nebývají vždy stanoveny. Vždy se ale provádí vizuální kontrola, která nám poskytne objektivní hodnocení, což bylo provedeno i v našem případě.

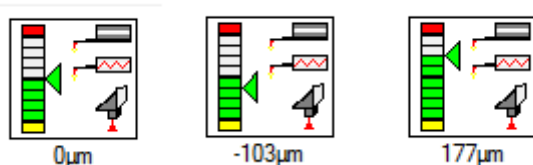
Povrch po frézovacím noži je dle vizuální prohlídky i pohmatu velmi hladký. Nejsou patrné žádné příčné vlnky, které by zanechávala tato technologie obrábění.

### 11.1 Měření drsnosti vzorků

Na jednotlivých vzorcích bylo vyznačeno dle šablony místo pro měření. Vzorky MDF desky s laminovaným povrchem byly měřeny vždy 1 mm od kraje a i uprostřed. Tímto bylo získáno srovnání vlivu povrchové úpravy na obráběcí nůž a následně na drsnost obrobeného povrchu. Vzorky MDF desky surové byly měřeny jen uprostřed.

Vzorek byl umístěn na mramorovou desku s měřícím hrotem směřujícím k místu měření. Ručním sjetím hrotu drsnoměru na povrch zkoušené plochy začalo vlastní měření. Snímač je nutné nastavit do střední polohy dle ukazatele, jak vidíme vlevo na obrázku 12.

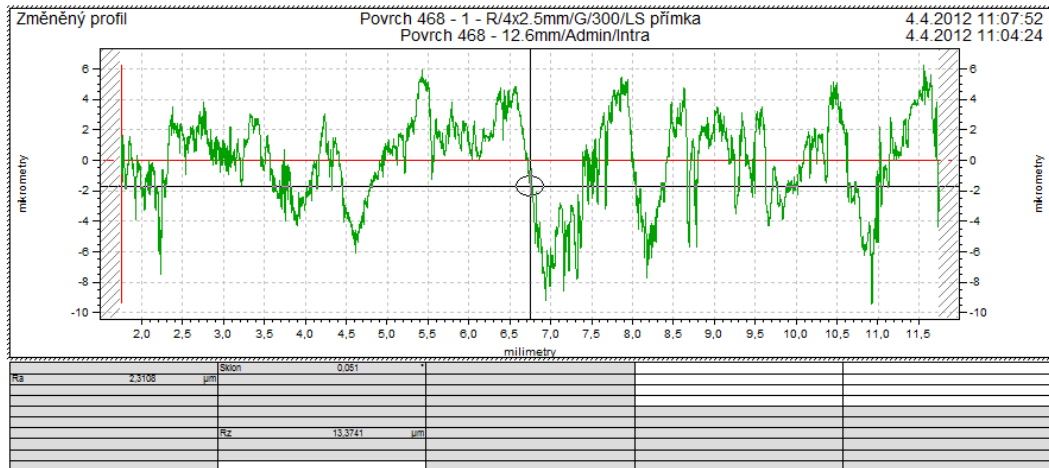
Obr. 12. Hodnoty snímače hrotu drsnoměru



Jakmile je snímač nastavený, spustíme v počítači vlastní měření. To trvá přibližně 10 vteřin. Během měření je důležité nedotýkat se vzorku ani měřícího zařízení a vyvarovat se jakéhokoliv pohybu, který by způsobil nadměrné vibrace. To by zkreslilo naměřené hodnoty. Měřící hrot, který přejížděl po zkušebních vzorcích

dle nastavené rychlosti a vzdálenosti vše zaznamenával, data převedl do grafu. Ze změření daného úseku program vykreslí křivku povrchu. Z této křivky byly následně stanoveny veličiny - Ra, Rc, RSm. Lze zjistit i jakékoliv další veličiny. Naměřené veličiny jsou v tabulce (příloha C). Když měřící hrot ukončí měření, musíme jej vrátit zase na začátek nad další místo měření. Takto se celý proces dokola opakuje.

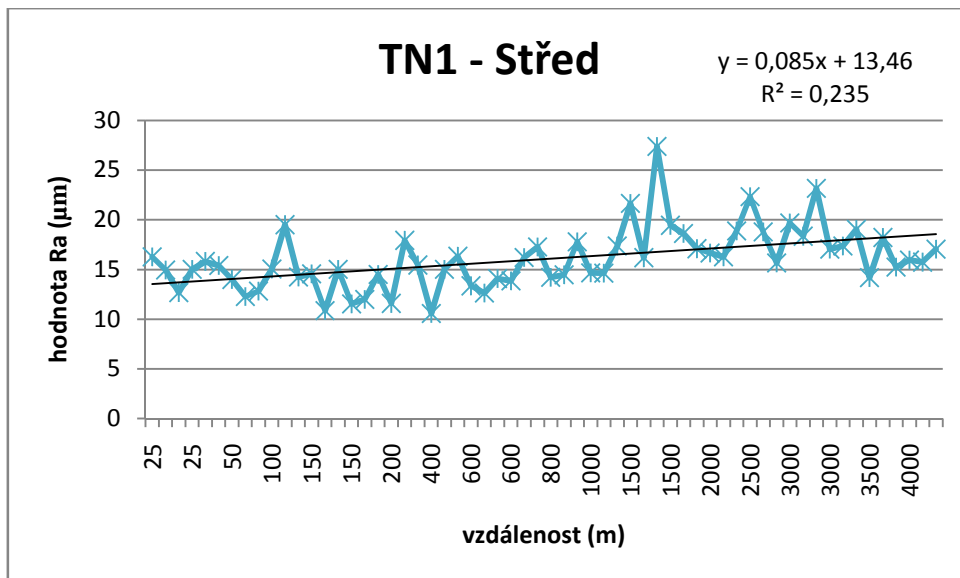
Obr. 13. Křivka povrchu



## 12 Výsledky

Pro zobrazení výsledků jsem použil nový diagram (graf). Umožňuje zobrazit souvislá data odfrézované vzdálenosti se stupnicí naměřených hodnot drsnosti. Kategorie jsou zde rozloženy podél vodorovné osy, ty v mém případě zobrazují vzdálenost frézování. Hodnoty dat jsou rovnoměrně rozloženy podél svislé osy. Ty zde zobrazují průměrnou aritmetickou odchylku Ra.

Obr. 14. Graf hodnot Ra v závislosti na vzdálenosti obrábění



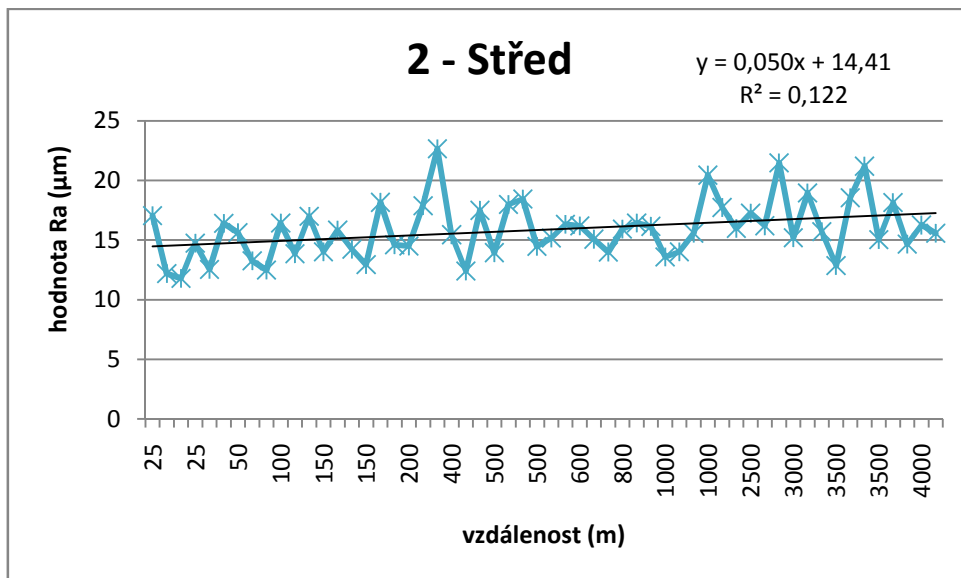
Graf na obrázku 14. zobrazuje MDF desku s laminovanou povrchovou úpravou, obráběnou nožem ze slinutého karbidu opatřeným povrchem z nitridu titanu. Hodnota drsnosti byla měřena uprostřed desky.

Drsnost povrchu se mírně zhoršila po odfrézování délky 1000 m. Do délky 4000 m velké zhoršení drsnosti nenastalo. Proto otupení nástroje při frézování MDF desky s laminovanou povrchovou úpravou nožem ze slinutého karbidu opatřeným povrchem z nitridu titanu má jen malý vliv na drsnost povrchu, řádově v jednotkách  $\mu\text{m Ra}$ .

Povrch uprostřed desky obráběný nožem ze slinutých karbidů s povrchovou úpravou nitridem titanu nevykazuje po odfrézování vzdálenosti 4000 m lepší parametry než povrch frézovaný nožem ze slinutých karbidů bez povrchové úpravy. Ba naopak, vykazuje mírně horší parametry hodnot Ra.



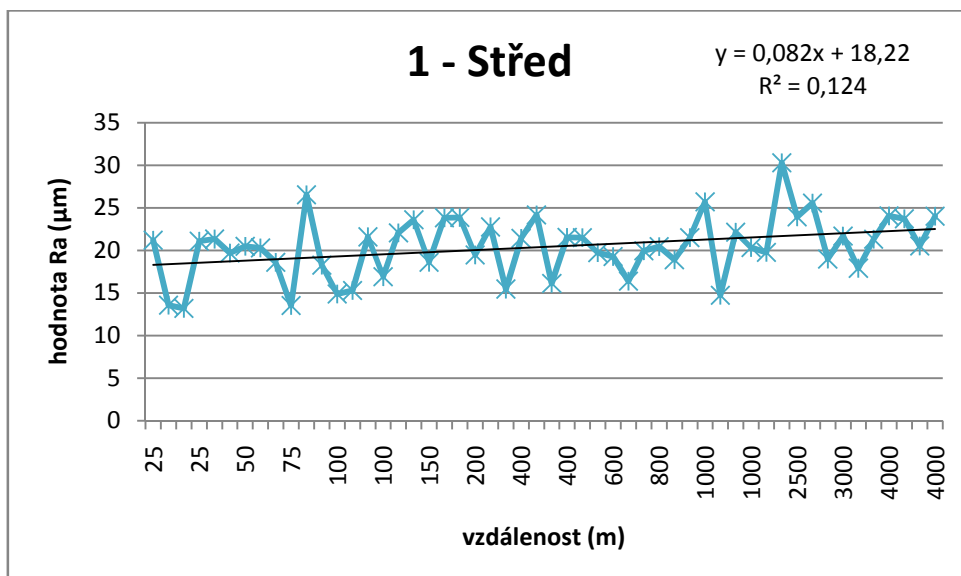
Obr. 15. Graf hodnot Ra v závislosti na vzdálenosti obrábění



Graf na obrázku 15. zobrazuje MDF desku s laminovanou povrchovou úpravou, obráběnou nožem ze slinutého karbidu. Hodnota drsnosti byla měřena uprostřed desky.

Drsnost povrchu se pohybuje do odfrézované vzdálenosti 200m okolo 15 µm Ra. Pak se dostává do rozmezí mezi 15 až 22 µm Ra. Z toho vyplývá, že otupení nástroje při frézování MDF desky s laminovanou povrchovou úpravou nožem ze slinutých karbidů má jen nepatrný vliv na drsnost povrchu měřený uprostřed desky.

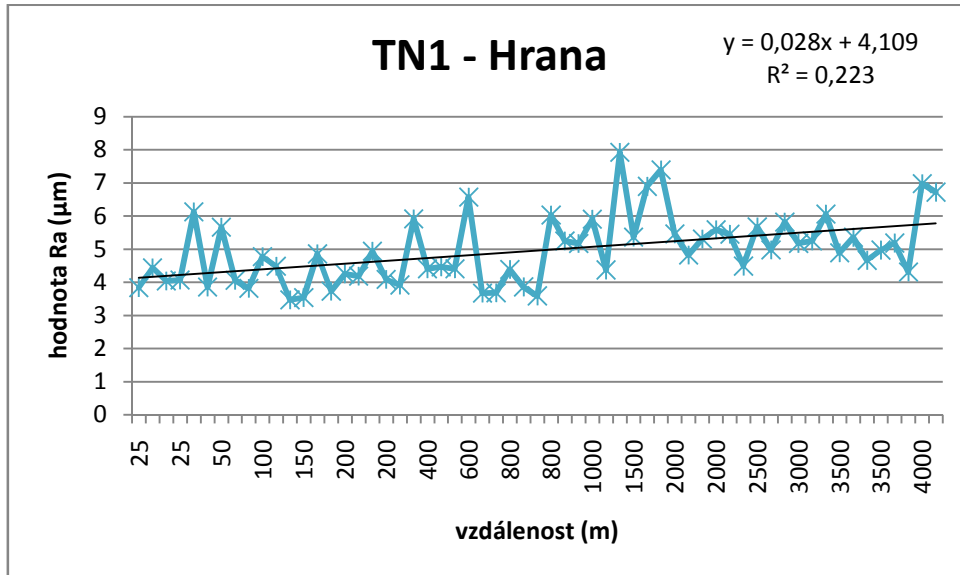
Obr. 16. Graf hodnot Ra v závislosti na vzdálenosti obrábění



Graf na obrázku 16. zobrazuje MDF desku surovou, obráběnou nožem ze slinutého karbidu. Hodnota drsnosti byla měřena uprostřed desky.

Při obrábění MDF desky surové nožem ze slinutých karbidů se po odfrézování vzdálenosti 4000 m hodnoty Ra snižují řádově o 5  $\mu\text{m}$ . Proto při frézování MDF desky surové nožem ze slinutých karbidů má postupné otupení nože malý vliv na drsnost povrchu desky.

Obr. 17. Graf hodnot Ra v závislosti na vzdálenosti obrábění



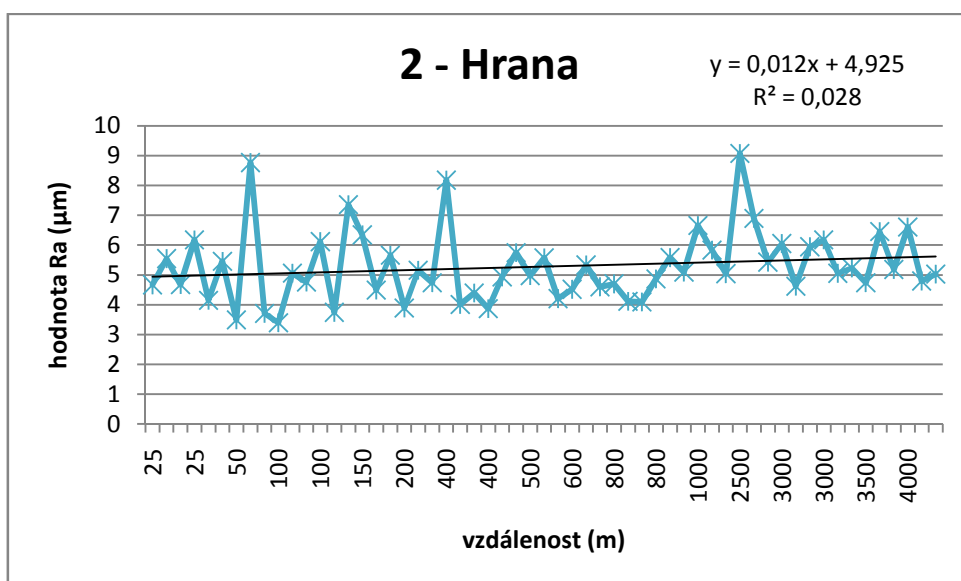
Graf na obrázku 17. zobrazuje MDF desku s laminovanou povrchovou úpravou, obráběnou nožem ze slinutého karbidu opatřeným povrchem z nitridu titanu. Hodnota drsnosti byla měřena 1 mm od kraje desky.

Průměrná hodnota na začátku obrábění ve vzdálenosti 25 m je 4,2  $\mu\text{m}$  Ra. Ve vzdálenosti 4000 m je průměrná hodnota 5,7  $\mu\text{m}$  Ra. Rozdíl 1,6  $\mu\text{m}$  Ra je velmi zanedbatelný, proto otupení nástroje po 4000 m má velmi malý vliv na drsnost povrchu MDF desky s laminovanou povrchovou úpravou měřené 1 mm od hrany.

Povrchová úprava nože ze slinutého karbidu nitridem titanu vykazuje menší extrémní hodnoty Ra. Hodnoty nikde nepřesahují 8  $\mu\text{m}$  Ra a nedostávají se k hodnotám 9  $\mu\text{m}$  Ra. Proto povrchová úprava nože ze slinutého karbidu nitridem titanu má malý vliv na drsnost povrchu měřené na kraji.

Drsnost povrchu desky MDF s laminovanou povrchovou úpravou měřené na krajích se pohybuje v rozmezí 4 do 6  $\mu\text{m}$  Ra. Z toho vyplývá, že drsnost povrchu na krajích je řádově o 10  $\mu\text{m}$  nižší než uprostřed.

Obr. 18. Graf hodnot Ra v závislosti na vzdálenosti obrábění

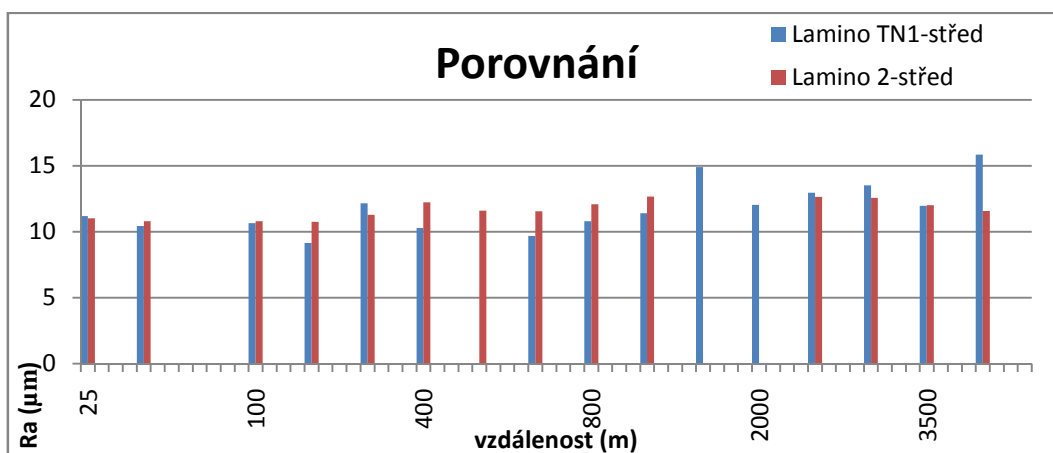


Graf na obrázku 18. zobrazuje MDF desku s laminovanou povrchovou úpravou, obráběnou nožem ze slinutého karbidu. Hodnota drsnosti byla měřena 1 mm od kraje desky.

Drsnost povrchu MDF desky s laminovaným povrchem se po odfrézování vzdálenosti 4000 m výrazně nezměnila.

Nůž ze slinutého karbidu bez povrchové úpravy se dostává na hodnoty drsnosti až 9 µm Ra, tedy o 1 µm vyšší než maximální hodnoty Ra u nože s povrchovou úpravou nitridem titanu. Je tedy nepatrný rozdíl v horších vlastnostech drsnosti měřených na kraji desky po obrábění nožem ze slinutých karbidů bez povrchové úpravy.

Obr. 19. Graf hodnot Ra v závislosti na vzdálenosti obrábění



Na obrázku 19. vidíme graf, který nám zobrazuje drsnost ve středu desky obráběné frézovacími noži ze slinutých karbidů bez povrchové úpravy a

s povrchovou úpravou nitridem karbidu. Je jasné patrné, že naměřené hodnoty jsou velmi podobné a se zvyšující vzdáleností se razantně nemění.

## 13 Závěr

Postupné otupení nástroje na drsnost povrchu MDF desek má ve všech případech zcela nepatrný vliv. Při odfrézování frézovacím nožem vzdálenosti 4000 m se zhoršení povrchu projevilo zcela nepatrně.

Nebylo prokázáno, že po odfrézování vzdálenosti 4000 m by povrch MDF desky vykazoval lepší vlastnosti drsnosti povrchu, pokud použijeme frézovací nůž ze slinutého karbidu s povrchovou úpravou z nitridu titanu či bez povrchové úpravy.

Velký rozdíl se neprojevil ve zhoršení drsnosti povrchu jak ve středu MDF desky, tak i 1mm od okrajů MDF desky. Ale z fotodokumentace na obrázcích 24. a 25. je patrné, že dochází k poškození ostří v oblasti laminované povrchové úpravy. Drsnost povrchu desky na okrajích se však nijak výrazně nezvyšovala. Ba naopak, drsnost povrchu 1 mm od okrajů MDF desek vykazovalo lepší hodnoty drsnosti. To je ale dáno technologií výroby MDF desek při lisování.

## 14 Seznam použité literatury

BOHM, Martin, Jan REISNER a Jan BOMBA. *Materiály na bázi dřeva*. ČZU, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6.

ČÍŽEK, Jan. *Vlastnosti a zpracování třískových a vláknitých desek*. 1985. vyd. Praha: SNTL, 1985.

DOSTÁL, František. *Drsnost obrobených ploch*. 1962. Praha: 04-279-62

HRÁZSKÝ, Jaroslav a Pavel KRÁL. *Kompozitní materiály na bázi dřeva: Část 1, Aglomerované materiály* Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007, 253 s. ISBN 978-80-7375-034-3.

HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

JELÍNEK, Josef. Praha, 2012. Diplomová práce - Vliv způsobů obrábění na kvalitu povrchu MDF desek. ČZU. Vedoucí práce Martin Böhm.

ŠTEFKA, *Kompozitné drevné materiály: Část II, : Technológia aglomerovaných materiálov*. Technická univerzita vo Zvolene: ISBN: 80-228-1705-8

TAYLOR HOBSON, Great Britain - Exploring Surface Texture: A fundamental guide to the measurement of surface finish.

ČSN EN ISO 4287 - Geometrické požadavky na výrobky (GPS) Struktura povrchu: profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu (1999).

ČSN EN ISO 4288 - Geometrické požadavky na výrobky (GPS) Struktura povrchu: Profilová metoda - Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu (1999).

ČSN 49 0231 - Přípravky na opracování řeziva a přířezů řeziva, drsnost povrchu výrobků ze dřeva a na bázi dřeva (1993).

ČSN 622-1 - Vlákenné desky - Požadavky - Část 1: Všeobecné požadavky (2003).

ČSN 622-5 - Vlákenné desky - Požadavky - Část 5: Požadavky na desky vyrobené suchým procesem MDF (2010).

ČSN EN 326-1 - Desky ze dřeva - Odběr vzorků, nařezávání a kontrola - Část 1: Odběr vzorků, nařezávání zkušebních těles a vyjádření výsledků zkoušky.

ČSN ISO 1302 - Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Označování struktury povrchu v technické dokumentaci výrobků (2002).

[http://cs.wikipedia.org/wiki/D%C5%99evovl%C3%A1knit%C3%A1\\_deska](http://cs.wikipedia.org/wiki/D%C5%99evovl%C3%A1knit%C3%A1_deska)

(21.1.22014)

<http://www.ddl.cz/> (28.1.2014)

<http://jhamernik.sweb.cz/obrabeni.htm>(7.2.2014)

<http://www.ionbond.com/cz/technology/pvd/> (4.3.2014)

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Struktura\\_povrchu](http://cs.wikipedia.org/wiki/Struktura_povrchu) (13.3.2014)

<http://beta.arcig.cz/summa/?page=view&id=452> (19.4.2014)

## 15 Seznam použitých obrázků

Obr. 1. Řezný zub (Čížek 1985) .....	21
Obr. 2. Klasifikace úchylek povrchu (Bumbálek a kol. 1989) .....	23
Obr. 3. Povrchy dokončené různými metodami (Bumbálek kol. 1989) .....	25
Obr. 4. Řezy a profily povrchu (Bumbálek a kol. 1989) .....	25
Obr. 5. Výška nerovností Rz (Dostál, 1962).....	27
Obr. 6. Střední aritmetická drsnost Ra (Dostál 1962).....	27
Obr. 7. Střední kvadratická drsnost Rq (Dostál 1962).....	28
Obr. 8. Symboly na výkrese (Wikipedie) .....	29
Obr. 9. Značení drsnosti (Wikipedie) .....	29
Obr. 10. Ostří (jhamernik.sweb.cz).....	30
Obr. 11. Řezné nástroje.....	34
Obr. 12. Hodnoty snímače hrotu drsnoměru.....	35
Obr. 13. Křivka povrchu .....	36
Obr. 14. Graf hodnot Ra v závislosti na vzdálenosti obrábění .....	37
Obr. 15. Graf hodnot Ra v závislosti na vzdálenosti obrábění .....	38
Obr. 16. Graf hodnot Ra v závislosti na vzdálenosti obrábění .....	38
Obr. 17. Graf hodnot Ra v závislosti na vzdálenosti obrábění .....	39
Obr. 18. Graf hodnot Ra v závislosti na vzdálenosti obrábění .....	40
Obr. 19. Graf hodnot Ra v závislosti na vzdálenosti obrábění .....	40
Obr. 20. Měřicí zařízení.....	46
Obr. 21. Hroty pro měření drsnosti.....	46
Obr. 22. Vzorky MDF deky.....	47
Obr. 23. Nástavec na měřicí hrot .....	48
Obr. 24. Nůž 2 - otupení po 1000 m (Alena Krafová).....	49
Obr. 25. Nůž TN1 - otupení po 2000m (Alena Krafová) .....	49

## 16 Seznam tabulek

Tab. 1 Základní délky drsnosti pro měření (ČSN EN ISO 4288).....	31
Tab. 2. Měřené vzorky .....	50



## Příloha A: Obrázky

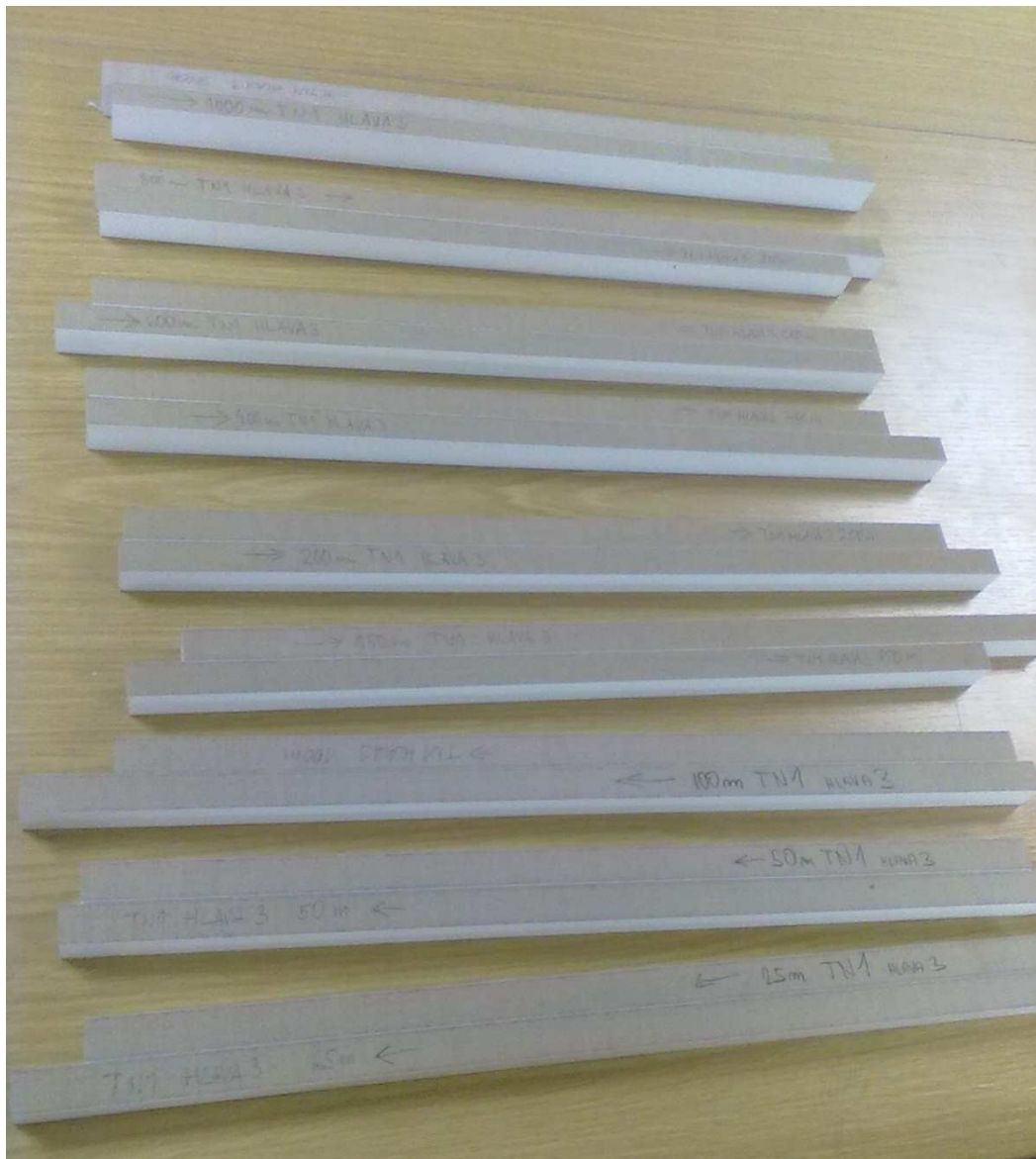
Obr. 20. Měřicí zařízení



Obr. 21. Hroty pro měření drsnosti



Obr. 22. Vzorčky MDF desky



Obr. 23. Nástavec na měřicí hrot



Obr. 23. Měřicí hrot



Obr. 24. Nůž 2 - otupení po 1000 m (Alena Krafová)



Obr. 25. Nůž TN1 - otupení po 2000m (Alena Krafová)



## Příloha B: Tabulky

Tab. 2. Měřené vzorky

<b>obráběný materiál</b>	<b>materiál nože</b>	<b>nůž označení</b>	<b>25</b>	<b>50</b>
MDF surová	Slinutý karbid	1	•	•
MDF obustranně laminovaná	Slinutý karbid	2	•	•
MDF obustranně laminovaná	Slinutý karbid s povlakem	TN1	•	•

<b>75</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	<b>500</b>	<b>600</b>	<b>800</b>
•	•	•	•	•		•	•
	•	•	•	•	•	•	•
	•	•	•	•		•	•

<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>2000</b>	<b>2500</b>	<b>3000</b>	<b>3500</b>	<b>4000</b>
•			•	•		•
•			•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•

## Příloha C: Naměřené hodnoty

Místo měření	Typ MDF	Nůž označení	Materiál nože	Vzdálenost m	Ra	RSm	Rc
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	25	4,6691	255,29	18,1564
střed	laminovaná	2	tvrdokov	25	17,0535	726,38	78,4497
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	25	5,5465	292,75	21,9815
střed	laminovaná	2	tvrdokov	25	12,1924	291,68	38,9523
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	25	4,6761	250	17,8379
střed	laminovaná	2	tvrdokov	25	11,7894	353,93	37,2108
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	25	6,1757	235,25	22,9243
střed	laminovaná	2	tvrdokov	25	14,7376	369	50,6999
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	25	3,8336	308,33	16,4744
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	25	16,264	454,55	62,445
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	25	4,4375	303,16	19,5863
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	25	14,9447	400	53,2181
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	25	4,0415	220,7	14,8046
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	25	12,6708	426,55	50,5737
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	25	4,0658	322,58	16,0686
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	25	15,0134	337,93	54,3828
střed	surová	1	tvrdokov	25	21,1965	333,33	73,8585
střed	surová	1	tvrdokov	25	13,5446	348,39	48,4888
střed	surová	1	tvrdokov	25	13,1853	333,29	45,3322
střed	surová	1	tvrdokov	25	21,0929	370,37	75,3773
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	50	4,144	222,97	14,7114
střed	laminovaná	2	tvrdokov	50	12,5369	339,14	44,7173
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	50	5,455	255,65	23,2088
střed	laminovaná	2	tvrdokov	50	16,4012	394,68	57,2479
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	50	3,4903	305,67	15,7646
střed	laminovaná	2	tvrdokov	50	15,6239	307,55	51,5086
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	50	8,7674	336,3	33,6601
střed	laminovaná	2	tvrdokov	50	13,2685	309,53	44,367
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	50	3,7076	292,97	15,177
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	50	15,7932	471,14	56,1561
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	50	6,127	256,41	23,1518
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	50	15,3826	494,15	59,9443
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	50	3,8516	330,75	14,4228
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	50	13,9936	384,62	48,4903
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	50	5,6628	310,22	21,7625
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	50	12,2705	376,52	45,1298
střed	surová	1	tvrdokov	50	21,3273	426,98	75,5832
střed	surová	1	tvrdokov	50	19,6857	303,03	62,4414
střed	surová	1	tvrdokov	50	20,4663	438,82	77,4036
střed	surová	1	tvrdokov	50	20,281	363,3	67,428

střed	surová	1	tvrdokov	75	18,6035	363,33	61,803
střed	surová	1	tvrdokov	75	13,511	277,78	45,1871
střed	surová	1	tvrdokov	75	26,5301	476,19	77,9588
střed	surová	1	tvrdokov	75	18,2646	424,89	61,6548
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	100	3,3974	250,18	11,928
střed	laminovaná	2	tvrdokov	100	12,4795	416,67	44,9426
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	100	5,0591	255,08	20,0114
střed	laminovaná	2	tvrdokov	100	16,4364	312,5	51,5489
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	100	4,7558	303,03	16,5186
střed	laminovaná	2	tvrdokov	100	13,8592	344,83	48,4982
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	100	6,1161	344,84	23,8369
střed	laminovaná	2	tvrdokov	100	16,9833	381,98	59,027
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	100	4,0616	294,12	16,4391
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	100	12,8045	333,33	43,0017
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	100	3,8189	344,83	14,6039
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	100	15,0319	364,13	50,1402
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	100	4,7712	260,54	17,0913
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	100	19,4995	454,55	67,304
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	100	4,4818	309,58	16,4314
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	100	14,2351	416,24	57,252
střed	surová	1	tvrdokov	100	14,8684	344,31	52,6518
střed	surová	1	tvrdokov	100	15,2946	334,4	47,7773
střed	surová	1	tvrdokov	100	21,5877	345,02	67,1218
střed	surová	1	tvrdokov	100	16,9083	303,03	54,3594
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	150	3,7441	246,72	13,9925
střed	laminovaná	2	tvrdokov	150	14,0111	522,79	55,5992
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	150	7,3529	416,67	30,6245
střed	laminovaná	2	tvrdokov	150	15,8215	319,97	55,188
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	150	6,3437	399,44	26,786
střed	laminovaná	2	tvrdokov	150	14,2279	381,73	50,4981
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	150	4,4901	252,55	17,4208
střed	laminovaná	2	tvrdokov	150	12,9425	294,12	41,6601
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	150	3,4695	240,68	12,7884
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	150	14,5455	336,97	49,5452
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	150	3,5334	267,59	12,8436
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	150	10,8496	285,38	35,808
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	150	4,8563	285,4	20,06
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	150	15,0108	388,66	52,5063
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	150	3,7305	267,51	14,2169
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	150	11,5337	366,17	38,0396
střed	surová	1	tvrdokov	150	22,0689	493,48	79,829
střed	surová	1	tvrdokov	150	23,6024	370,37	83,6031
střed	surová	1	tvrdokov	150	18,5842	366,33	62,2654
střed	surová	1	tvrdokov	150	23,8432	769,23	99,5738
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	200	5,6573	377,4	21,5761

střed	laminovaná	2	tvrdokov	200	18,1605	416,67	68,9579
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	200	3,8874	281,79	14,7937
střed	laminovaná	2	tvrdokov	200	14,6105	415,46	47,8769
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	200	5,159	242,76	18,2705
střed	laminovaná	2	tvrdokov	200	14,4923	344,83	46,7321
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	200	4,7357	282,49	19,1015
střed	laminovaná	2	tvrdokov	200	17,8783	449,66	61,2431
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	200	4,2565	307,39	16,6869
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	200	11,983	322,58	46,9538
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	200	4,1871	260,38	13,9702
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	200	14,4844	363,52	49,9664
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	200	4,9357	367,54	18,6974
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	200	11,5772	311,66	39,014
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	200	4,0899	344,75	17,3038
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	200	17,921	431,7	57,0887
střed	surová	1	tvrdokov	200	23,8639	514,87	83,3962
střed	surová	1	tvrdokov	200	19,4533	354,48	67,4071
střed	surová	1	tvrdokov	200	22,7592	430,28	79,5771
střed	surová	1	tvrdokov	200	15,4547	454,55	57,7774
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	400	8,1784	312,5	31,4965
střed	laminovaná	2	tvrdokov	400	22,6502	511,58	82,1297
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	400	4,0077	354,38	17,3291
střed	laminovaná	2	tvrdokov	400	15,448	427,32	54,7782
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	400	4,3937	312,5	16,8988
střed	laminovaná	2	tvrdokov	400	12,4055	357,14	46,0235
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	400	3,8673	277,78	12,3503
střed	laminovaná	2	tvrdokov	400	17,4886	397,46	59,8716
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	400	3,9175	285,71	12,9787
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	400	15,4436	248,06	46,1308
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	400	5,9151	452	24,853
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	400	10,5622	326,82	40,4242
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	400	4,4077	320,95	17,4043
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	400	15,0043	317,87	47,8979
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	400	4,4672	276,61	15,4046
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	400	16,3078	372,38	58,4014
střed	surová	1	tvrdokov	400	21,4089	454,55	79,4355
střed	surová	1	tvrdokov	400	24,1742	520,03	94,9817
střed	surová	1	tvrdokov	400	16,104	354,23	58,7191
střed	surová	1	tvrdokov	400	21,5411	394,1	72,7443
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	500	4,9362	397,02	19,1489
střed	laminovaná	2	tvrdokov	500	13,9446	357,14	50,3183
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	500	5,7478	294,12	20,7029
střed	laminovaná	2	tvrdokov	500	17,9923	390,86	54,2859
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	500	4,9728	243,9	17,361
střed	laminovaná	2	tvrdokov	500	18,433	409,19	62,4512



hrana	laminovaná	2	tvrdokov	500	5,571	309,61	18,1183
střed	laminovaná	2	tvrdokov	500	14,472	481,22	55,4137
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	600	4,2051	227,43	13,8633
střed	laminovaná	2	tvrdokov	600	15,1719	357,14	52,3216
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	600	4,5178	243,21	15,8802
střed	laminovaná	2	tvrdokov	600	16,3238	514,89	65,8263
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	600	5,3332	418,57	21,9767
střed	laminovaná	2	tvrdokov	600	16,1822	454,55	60,2446
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	600	4,6037	318,76	19,0905
střed	laminovaná	2	tvrdokov	600	15,0731	391,2	51,6972
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	600	4,4048	288,03	16,6409
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	600	13,3495	381,83	49,1781
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	600	6,57	367,59	25,2535
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	600	12,6171	290,43	42,0518
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	600	3,6721	300,35	14,3294
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	600	14,0749	327,43	50,0881
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	600	3,6809	285,71	13,1424
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	600	13,8498	349,8	44,8105
střed	surová	1	tvrdokov	600	21,4962	367,83	71,2511
střed	surová	1	tvrdokov	600	19,7388	500	74,0781
střed	surová	1	tvrdokov	600	19,2713	431,39	72,974
střed	surová	1	tvrdokov	600	16,3734	333,08	53,4606
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	800	4,6989	347,71	16,7906
střed	laminovaná	2	tvrdokov	800	14,0002	350,07	43,3749
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	800	4,1116	276,79	14,4261
střed	laminovaná	2	tvrdokov	800	15,92	331,7	50,9377
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	800	4,0951	275,46	14,8553
střed	laminovaná	2	tvrdokov	800	16,4337	379,26	53,9085
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	800	4,8684	371,77	20,006
střed	laminovaná	2	tvrdokov	800	16,1445	569,18	62,6688
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	800	4,3864	344,83	15,9405
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	800	16,193	352,57	53,4753
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	800	3,8608	329,88	14,3385
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	800	17,2646	385,18	55,2522
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	800	3,5903	297,97	12,6488
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	800	14,1898	313,32	42,6749
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	800	6,0318	303,03	21,7191
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	800	14,4643	469,33	48,3062
střed	surová	1	tvrdokov	800	19,9601	318,53	63,4453
střed	surová	1	tvrdokov	800	20,4491	344,67	61,2896
střed	surová	1	tvrdokov	800	18,9031	340,53	64,0513
střed	surová	1	tvrdokov	800	21,5008	356,95	73,9698
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	1000	5,5806	383,18	22,1516
střed	laminovaná	2	tvrdokov	1000	13,577	392,76	45,5615
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	1000	5,0929	319,53	19,2787

střed	laminovaná	2	tvrdokov	1000	14,0142	270,27	44,0876
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	1000	6,6588	332,9	22,8244
střed	laminovaná	2	tvrdokov	1000	15,5794	374	51,6812
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	1000	5,8305	307,11	18,7656
střed	laminovaná	2	tvrdokov	1000	20,4402	399,88	57,7589
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1000	5,2484	332,45	18,3744
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1000	17,7742	383,42	61,3051
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1000	5,1674	307	17,9208
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1000	14,6421	344,83	50,9408
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1000	5,9047	369,89	24,4906
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1000	14,6104	500	58,3729
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1000	4,373	309,27	14,9911
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1000	17,3485	331,7	55,1834
střed	surová	1	tvrdokov	1000	25,7215	450,27	83,5577
střed	surová	1	tvrdokov	1000	14,7184	357,14	49,3107
střed	surová	1	tvrdokov	1000	22,1228	408,54	75,4843
střed	surová	1	tvrdokov	1000	20,3336	383,27	61,9013
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1500	7,9259	347,14	26,1041
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1500	21,6549	412,62	71,3402
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1500	5,3668	356,45	18,0802
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1500	16,1804	308,3	51,5214
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1500	6,8972	357,14	26,6001
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1500	27,3766	465	93,7359
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1500	7,393	433,33	31,1188
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	1500	19,4388	369,63	59,6537
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2000	5,4578	260,78	18,6579
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2000	18,6131	394,68	64,0183
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2000	4,8191	280,4	14,9452
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2000	17,0871	357,14	58,9167
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2000	5,3094	355,02	19,5545
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2000	16,6421	383,68	62,8176
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2000	5,5886	331,5	18,8744
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2000	16,2662	422,3	54,2323
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	2500	5,0436	309,51	18,3843
střed	laminovaná	2	tvrdokov	2500	17,7321	324,23	53,941
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	2500	9,072	427,57	28,7633
střed	laminovaná	2	tvrdokov	2500	15,9693	384,62	58,563
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	2500	6,8923	243,9	23,2081
střed	laminovaná	2	tvrdokov	2500	17,2489	370,37	58,9501
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	2500	5,4297	319,35	18,3697
střed	laminovaná	2	tvrdokov	2500	16,2027	425,78	58,8611
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2500	5,4532	394,32	20,7044
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2500	18,8785	471,26	70,2478
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2500	4,4896	300,74	14,5418
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2500	22,315	454,55	83,3265

hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2500	5,6712	496,02	23,3925
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2500	18,7827	357,14	51,5357
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2500	4,977	285,71	16,3535
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	2500	15,6421	420,82	54,5181
střed	surová	1	tvrdokov	2500	19,7692	394,02	62,1567
střed	surová	1	tvrdokov	2500	30,2927	539,14	114,373
střed	surová	1	tvrdokov	2500	23,9319	525,53	83,8501
střed	surová	1	tvrdokov	2500	25,553	467,31	91,0705
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	3000	6,0514	370,37	21,3845
střed	laminovaná	2	tvrdokov	3000	21,4757	437,78	79,8643
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	3000	4,6224	221,24	14,4517
střed	laminovaná	2	tvrdokov	3000	15,1902	344,83	49,0515
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	3000	5,9438	294,12	20,4545
střed	laminovaná	2	tvrdokov	3000	18,949	384,62	62,2055
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	3000	6,1786	347,34	22,6865
střed	laminovaná	2	tvrdokov	3000	15,7082	509,5	54,0961
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3000	5,8218	319,03	19,1782
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3000	19,6721	454,55	78,5985
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3000	5,1762	354,91	18,5939
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3000	18,3436	554,61	62,7345
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3000	5,2454	407,58	20,0563
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3000	23,1598	384,62	82,0595
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3000	6,0587	344,83	19,4493
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3000	17,048	526,32	65,2772
střed	surová	1	tvrdokov	3000	18,9668	370,37	62,0372
střed	surová	1	tvrdokov	3000	21,6827	477,5	72,2061
střed	surová	1	tvrdokov	3000	17,8985	304,08	57,1828
střed	surová	1	tvrdokov	3000	21,2952	451,41	71,2784
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	3500	5,053	333,17	18,4051
střed	laminovaná	2	tvrdokov	3500	12,8532	331,15	40,5199
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	3500	5,2306	322,35	17,9886
střed	laminovaná	2	tvrdokov	3500	18,5467	434,78	67,0838
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	3500	4,7347	294,12	14,7344
střed	laminovaná	2	tvrdokov	3500	21,192	476,19	71,2653
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	3500	6,4576	269,34	19,7993
střed	laminovaná	2	tvrdokov	3500	15,0264	400	54,9956
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3500	4,8871	274,82	15,6557
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3500	17,3576	416,67	57,0469
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3500	5,359	344,83	18,5346
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3500	19,0373	423,61	62,5699
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3500	4,6634	304,09	16,2309
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3500	14,1583	355,38	50,0313
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3500	4,9715	312,5	17,7501
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	3500	18,2087	544,56	68,5424
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	4000	5,1813	368,62	19,6032

střed	laminovaná	2	tvrdokov	4000	18,1477	493,52	65,6237
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	4000	6,608	375,9	23,3964
střed	laminovaná	2	tvrdokov	4000	14,654	357,14	49,2638
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	4000	4,796	267,36	15,247
střed	laminovaná	2	tvrdokov	4000	16,2577	341,55	55,2738
hrana	laminovaná	2	tvrdokov	4000	5,0251	329,42	16,8496
střed	laminovaná	2	tvrdokov	4000	15,5679	370,37	54,8597
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	4000	5,1854	398,38	20,1981
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	4000	15,2353	301,21	49,6468
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	4000	4,3068	411,93	15,1426
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	4000	15,9291	430,72	60,8241
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	4000	6,98	381,08	22,8423
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	4000	15,7327	367,8	58,0556
hrana	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	4000	6,7241	400,52	24,4853
střed	laminovaná	TN1	tvrdokov s povlakem	4000	17,0432	433,98	58,7302
střed	surová	1	tvrdokov	4000	24,0475	599,87	84,285
střed	surová	1	tvrdokov	4000	23,7219	465,98	83,4077
střed	surová	1	tvrdokov	4000	20,5217	500	71,8838
střed	surová	1	tvrdokov	4000	24,0232	555,56	96,6893