



INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Obrábění

Téma: Výroba ozubení - shrnutí

Autor: Ing. Kubíček Miroslav

Číslo: VY_32_INOVACE_19 – 19

Anotace: Slouží jako podklad pro výuku obrábění. Přehled způsobů a metod výroby ozubení. Zabývá se výrobou čelního ozubení s přímými zuby, výrobou šneků a šnekových kol. Přehled dokončovacích metod ozubení. Text určen pro studenty 2. ročníku střední odborné školy oboru strojírenství.

VÝROBA OZUBENÍ

- Ozubená kola jsou součástmi pohybových ústrojí většiny strojů, dopravních prostředků a zařízení
- Vyžadujeme od nich přesnost, trvanlivost, plynulý záběr a bezhlučnost
- Výroba ozubených kol vyžaduje kvalitní obráběcí stroje i nástroje
- Výrobu ozubených kol podle druhů dělíme na výrobu
 - Čelních kol s přímými zuby
 - Výrobu šneků a šnekových kol

VÝROBA OZUBENÍ

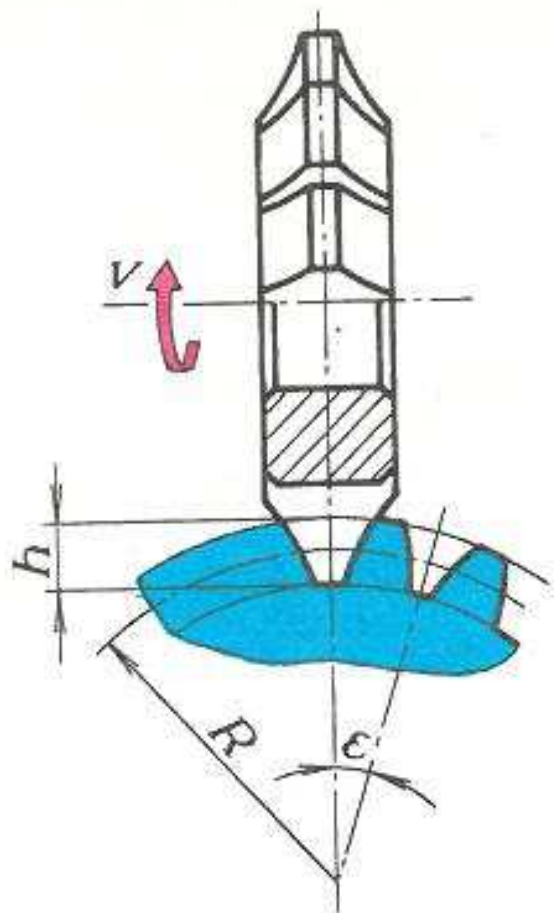
- ZPŮSOBY VÝROBY OZUBENÝCH KOL
- **Dělicím** způsobem
 - Frézování stopkovou a kotoučovou frézou
- **Odvalovacím** způsobem
 - Frézováním odvalovací frézou
 - Obrážením hřebenovým nožem
 - Obrážením nožem
 - Obrážením kotoučovým nožem
- Protahování
- DOKONČOVÁNÍ OZUBENÍ
 - Ševingování
 - Broušení
 - Lapování

VÝROBA OZUBENÍ – dělicí způsob

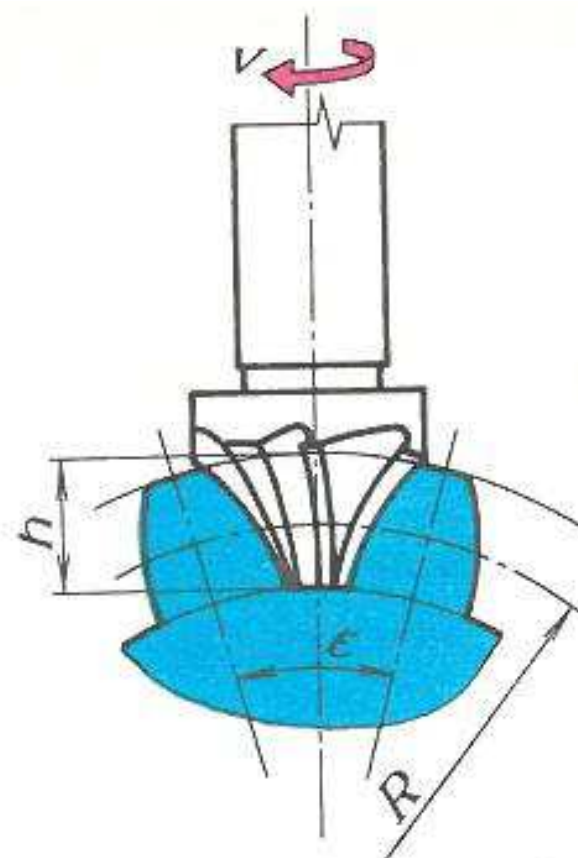
- Profily zubových mezer ozubeného kola se vytvářejí tvarovou frézou **postupně jedna zubová mezera za druhou** s použitím dělicího přístroje
- Profil tvarové frézy odpovídá tvaru zubové mezery
- Používají se tvarové (modulové) frézy
 - Kotoučové
 - Čepové (stopkové)
- Po vyfrézování zubové mezery se kolo pootočí o jednu rozteč a frézuje se další zubová mezera

VÝROBA OZUBENÍ – dělicí způsob

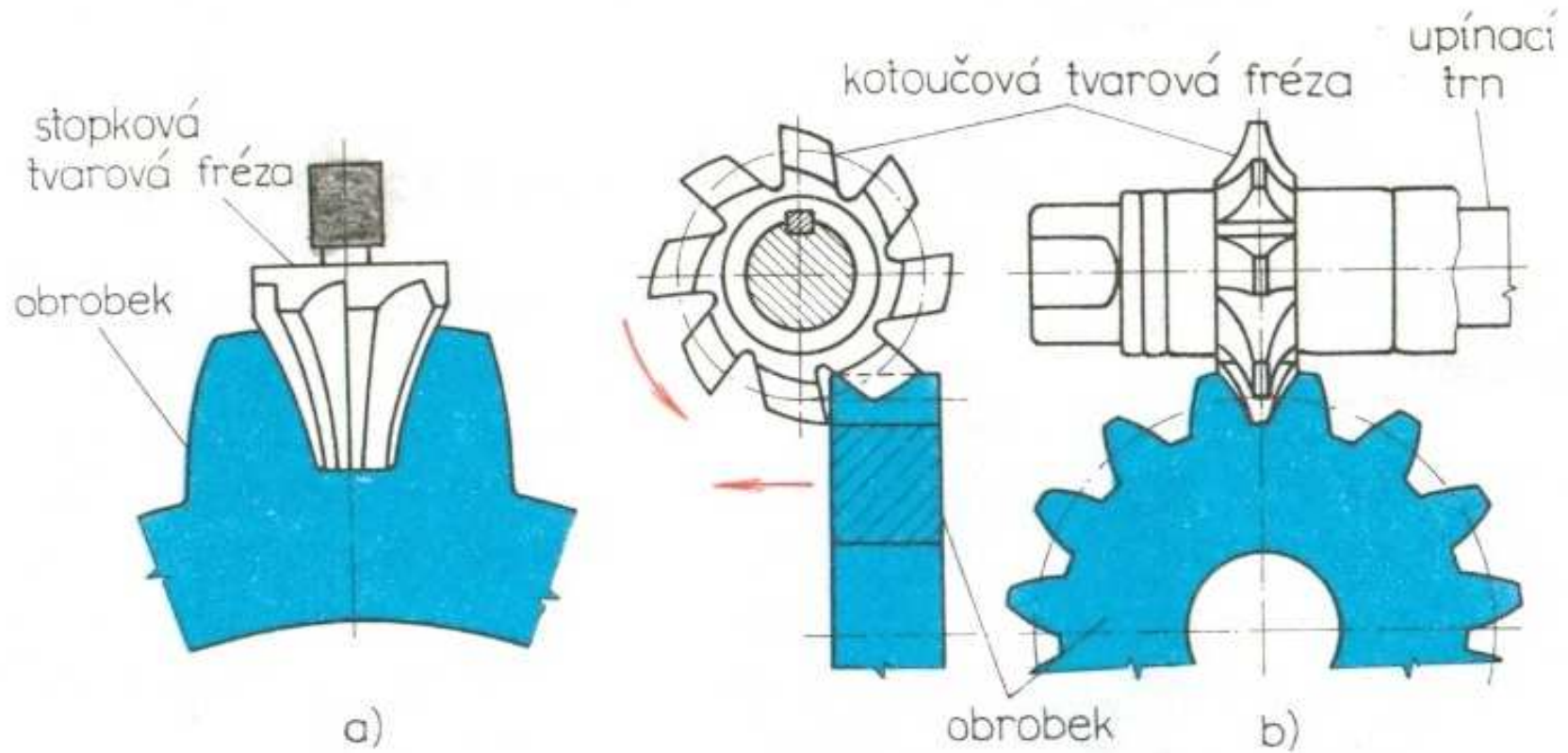
KOTOUČOVÁ



ČEPOVÁ



VÝROBA OZUBENÍ – dělicí způsob

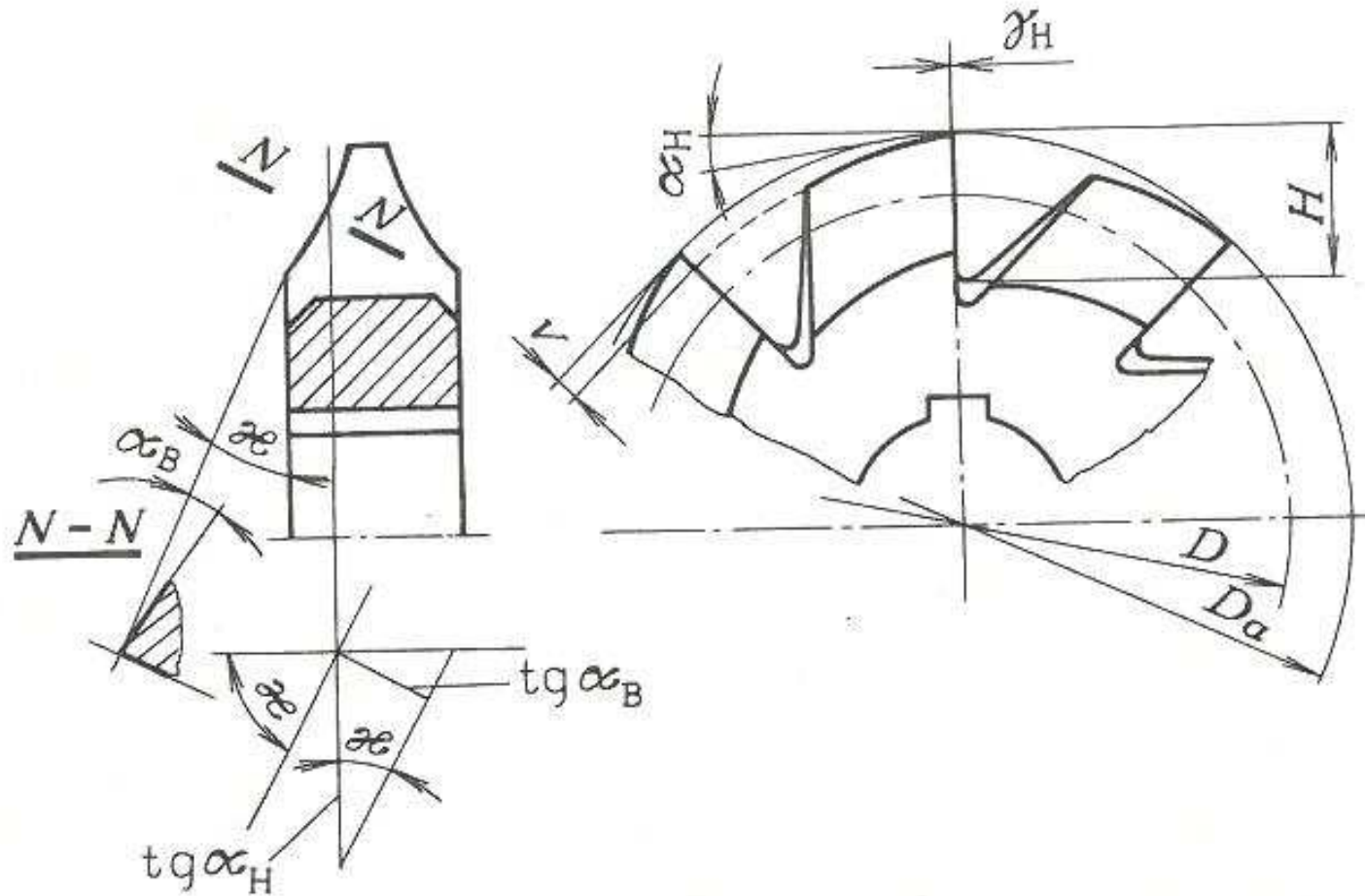


VÝROBA OZUBENÍ – dělicí způsob

- **VÝHODY** - možnost použití běžných univerzálních frézek vybavených dělicími přístroji
- Tento způsob se používá pro ozubená kola, jejichž ozubení nemusí být příliš přesné
- Při výrobě ozubení čelních kol velkých průměrů a modulů, pro něž se nevyrábějí odvalovací frézky
- Vhodné pro ozubená kola pro přenos výkonů při malých obvodových rychlostech (do 5 ms^{-1})
- **NEVÝHODY** - malá přesnost a obtížnost přesného nastavení vzájemné polohy obrobku a nástroje
- Tvarové frézy se vyrábějí v sadách, obsahujících 8, 15 nebo 26 členů téhož modulu a úhlu záběru. Každá fréza slouží k výrobě několika ozubených kol v určitém rozsahu počtu zubů

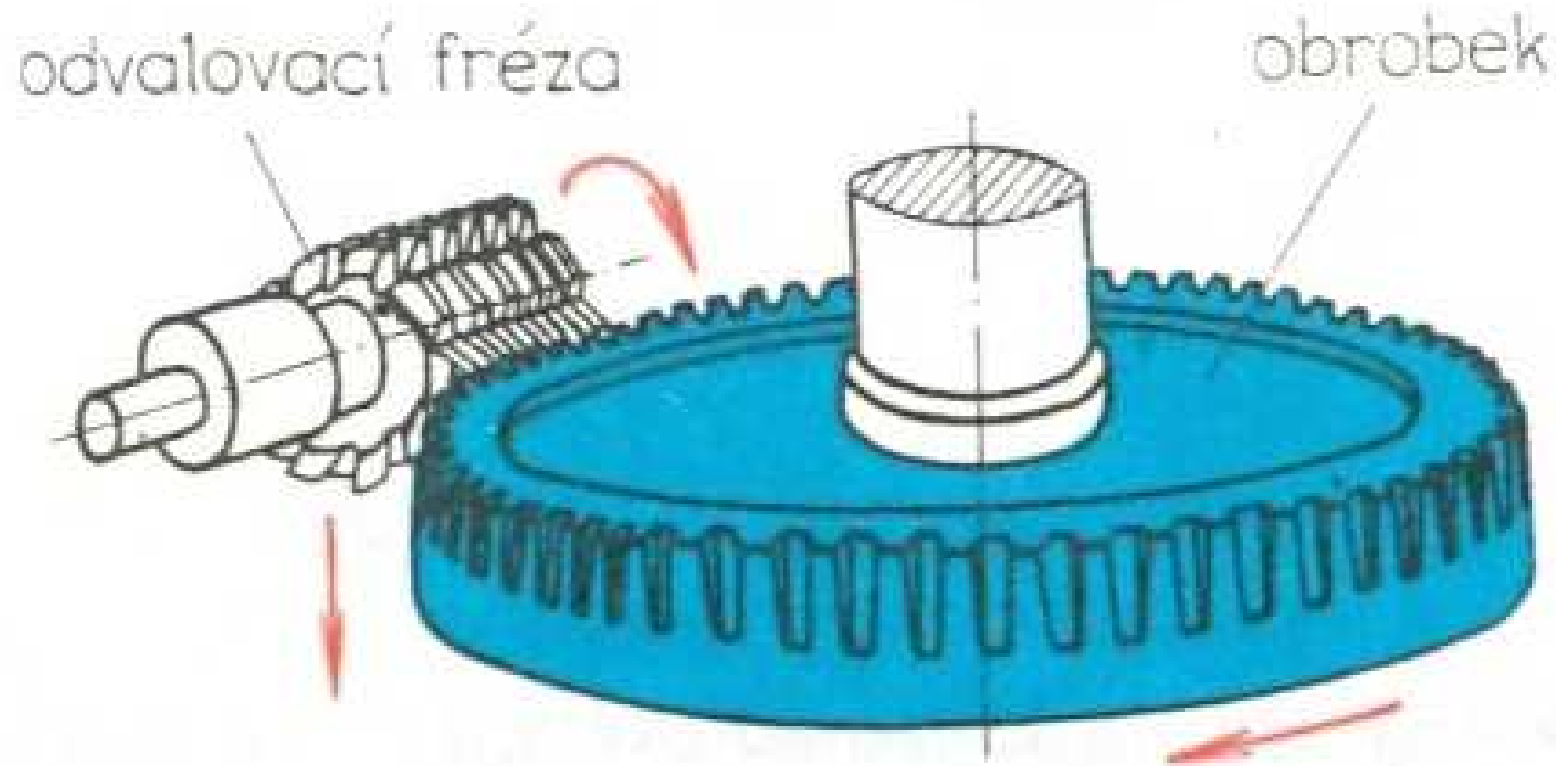
VÝROBA OZUBENÍ – dělicí způsob

- Řezná část tvarové kotoučové frézy



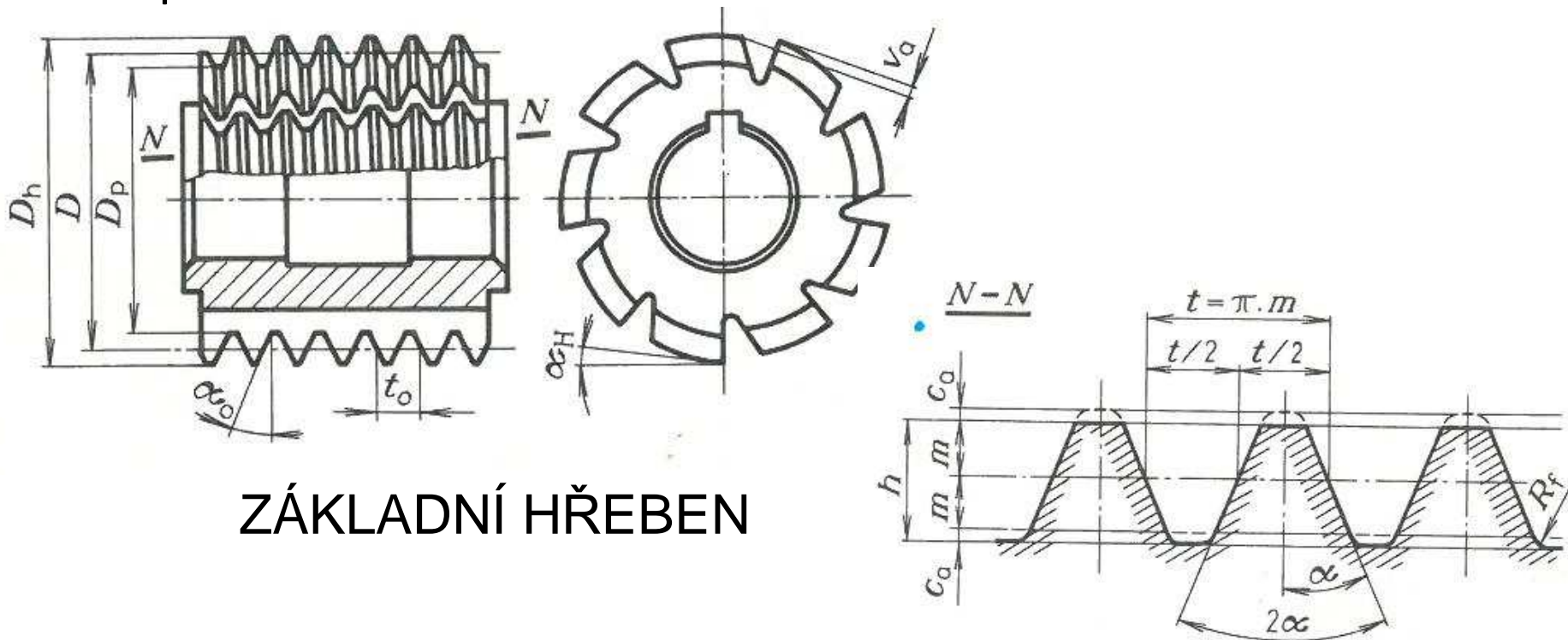
VÝROBA OZUBENÍ – odvalovací způsob

- PRINCIP FRÉZOVÁNÍ ODVALOVACÍM ZPŮSOBEM



VÝROBA OZUBENÍ – odvalovací způsob

- Nejrozšířenější způsob výroby pro svou vysokou produktivitu a dobrou přesnost – nástrojem je **odvalovací fréza** – má tvar evolventního šneku a jejíž profil v normální rovině N-N je tvořen **základním hřebenem**, záběr je plynulý, **všechny zuby kola se obrábějí současně** – sousledným, popř. nesousledným způsobem



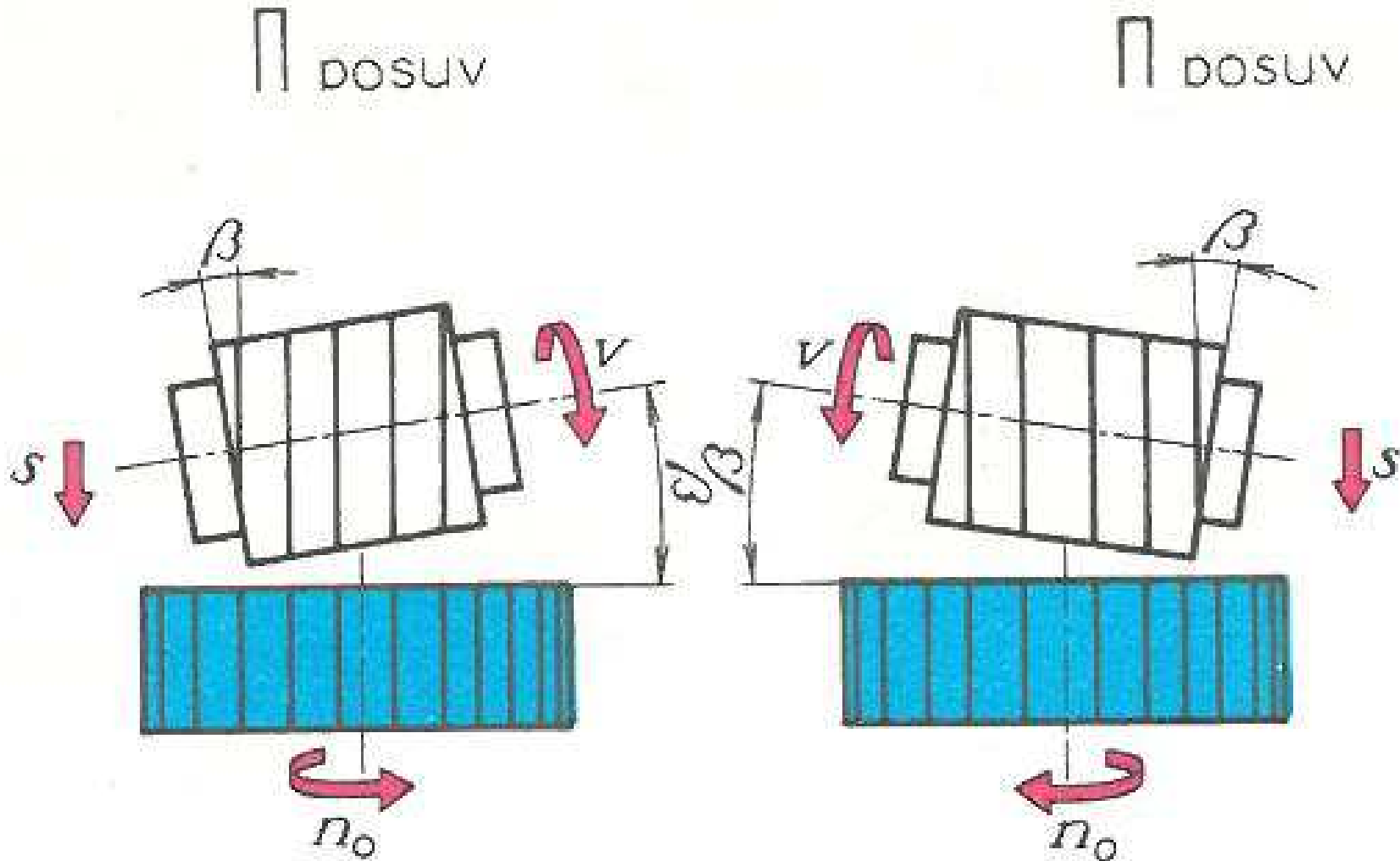
ZÁKLADNÍ HŘEBEN

VÝROBA OZUBENÍ – odvalovací způsob

- Ozubení se vyrábí na odvalovacích frézách, kde fréza s obráběným kolem představuje záběr šroubového soukolí
- Odvalovací frézy se vyrábějí z vysoce výkonných rychlořezných ocelí, většinou s tvrdými otěruvzdornými povlaky, např. TiN, nebo i se vsazenými hřebeny s břity ze SK
- **Frézování přímých zubů** - odvalovací fréza se otáčí kolem své osy a koná řezný pohyb rotační
- Při každé otáčce obrobku vykoná odvalovací fréza tolik otáček, kolik zubů má frézované kolo
- Při frézování přímých zubů musí být osa frézy skloněna k ose obrobku o úhel β , který odpovídá úhlu stoupání šroubovice na roztečném válci

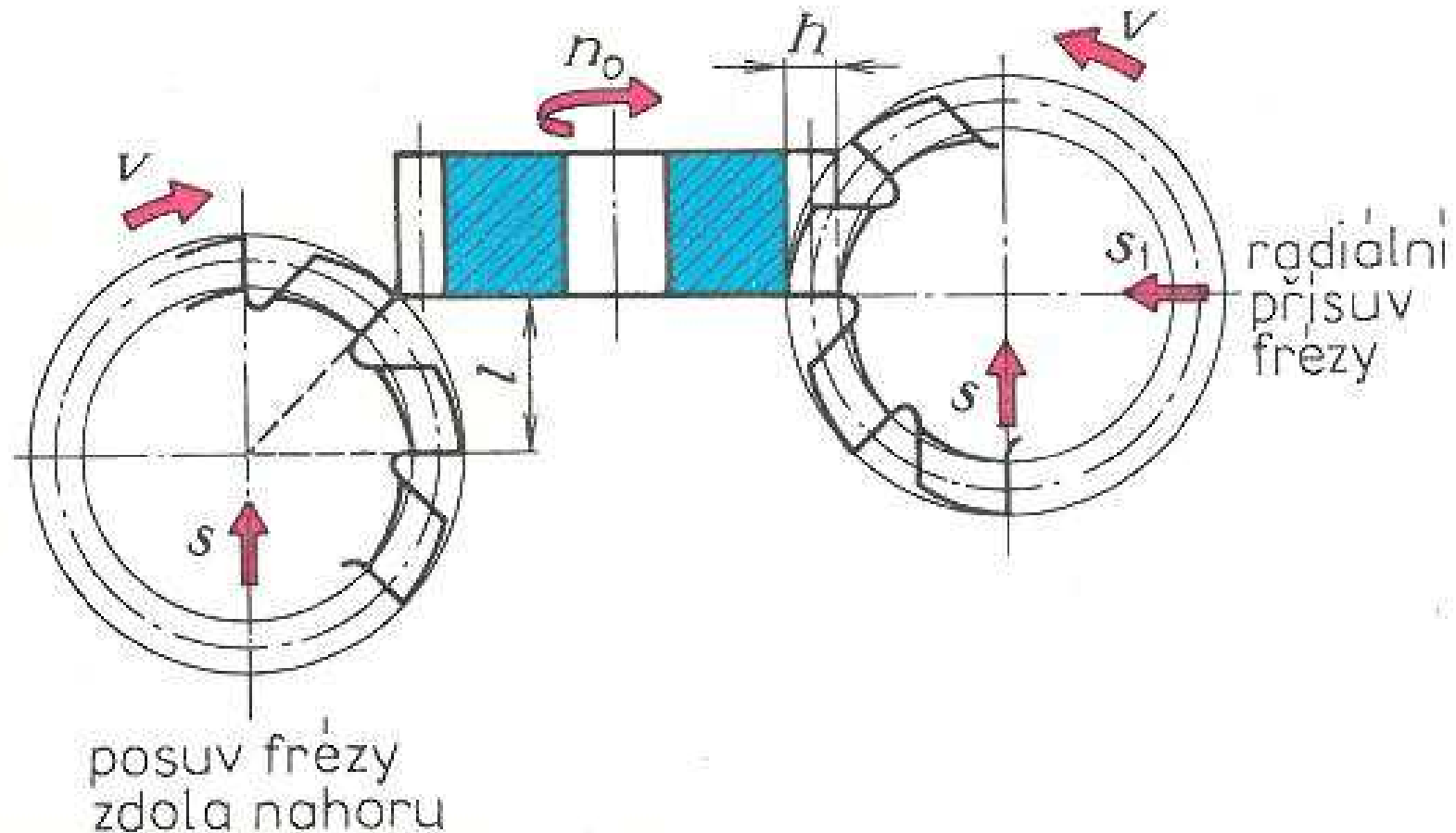
VÝROBA OZUBENÍ – odvalovací způsob

- FRÉZOVÁNÍ PŘÍMÉHO OZUBENÍ



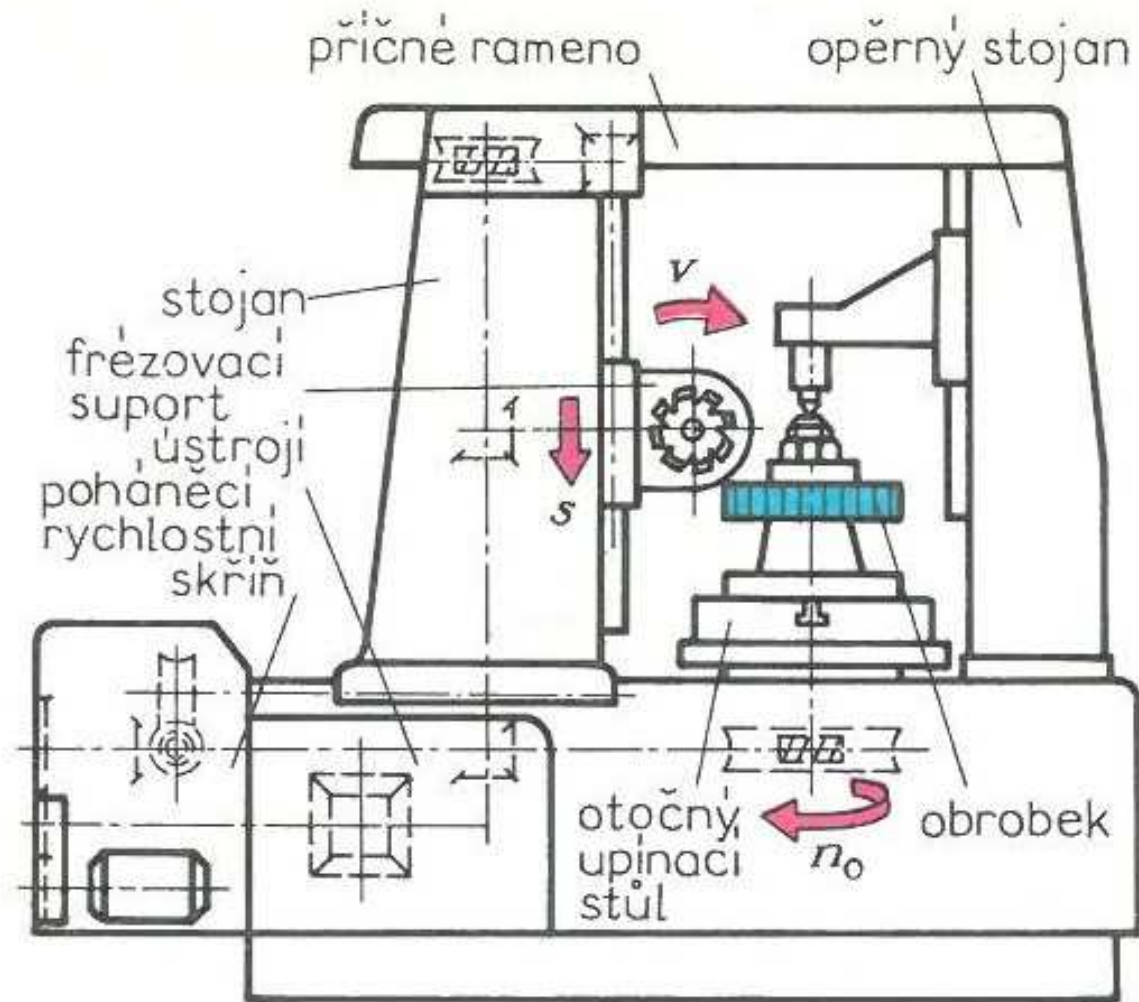
VÝROBA OZUBENÍ – odvalovací způsob

- Sousedné frézování ozubení



VÝROBA OZUBENÍ – odvalovací způsob

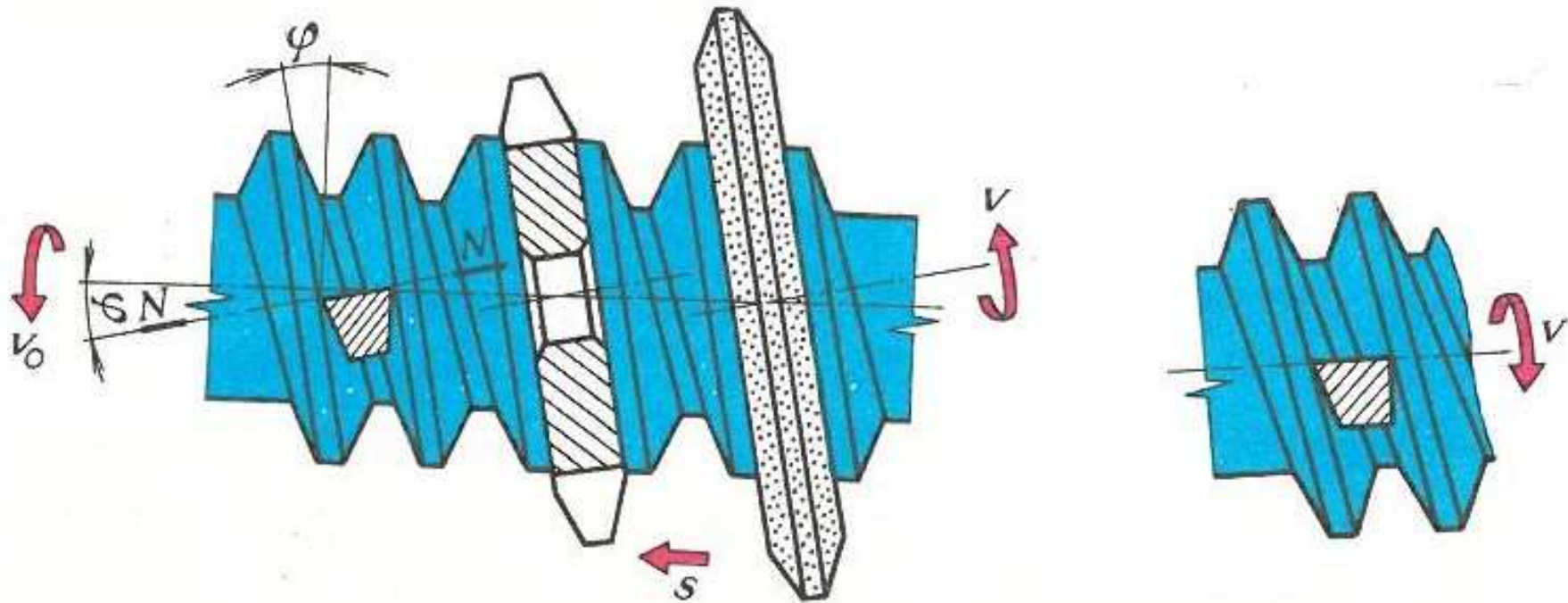
- Frézování ozubení – stroj



VÝROBA ŠNEKŮ

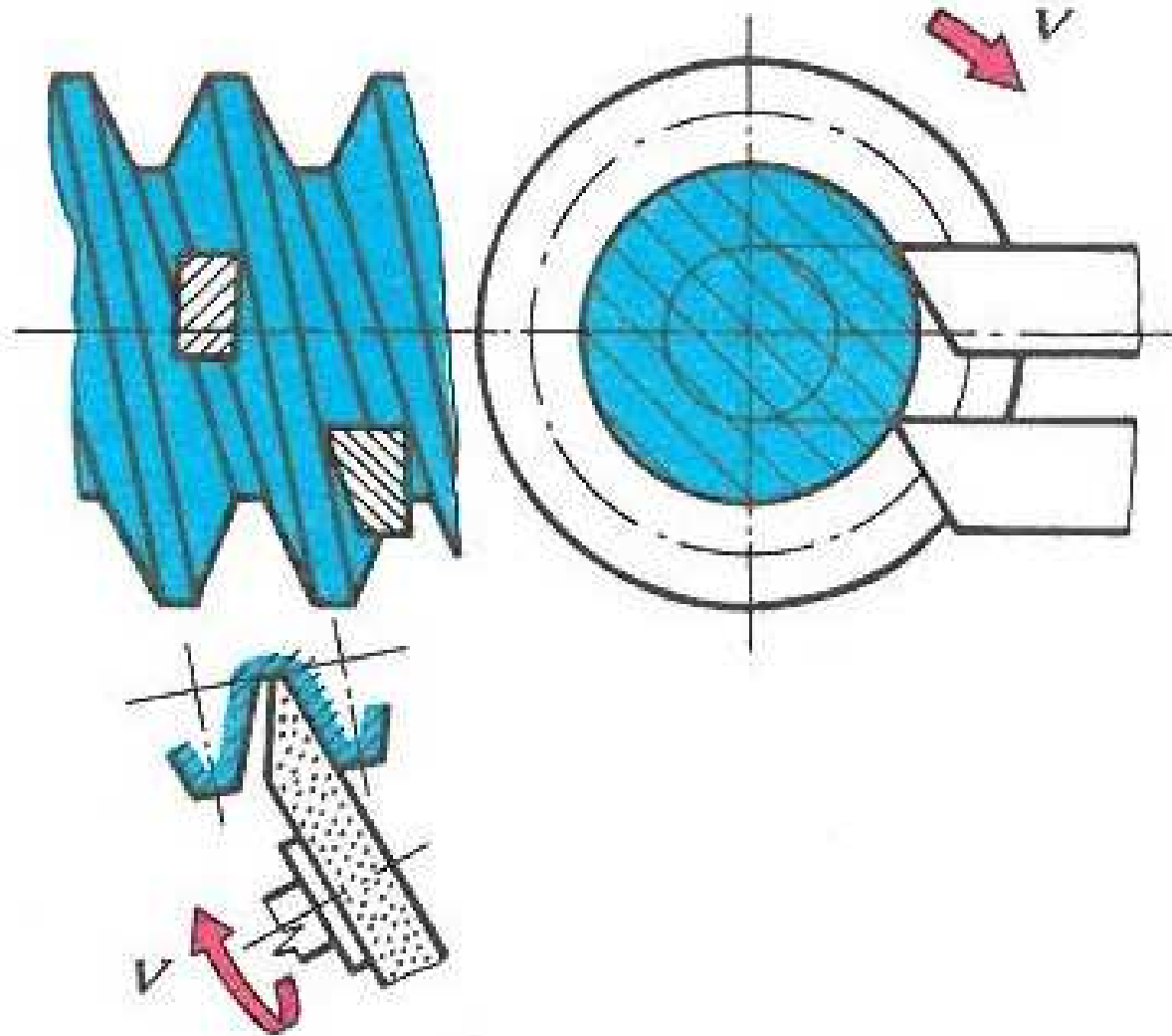
- Soustružení obecného šneků nožem, kotoučovou frézou, brusným kotoučem

Soustružení Archimédova šneku



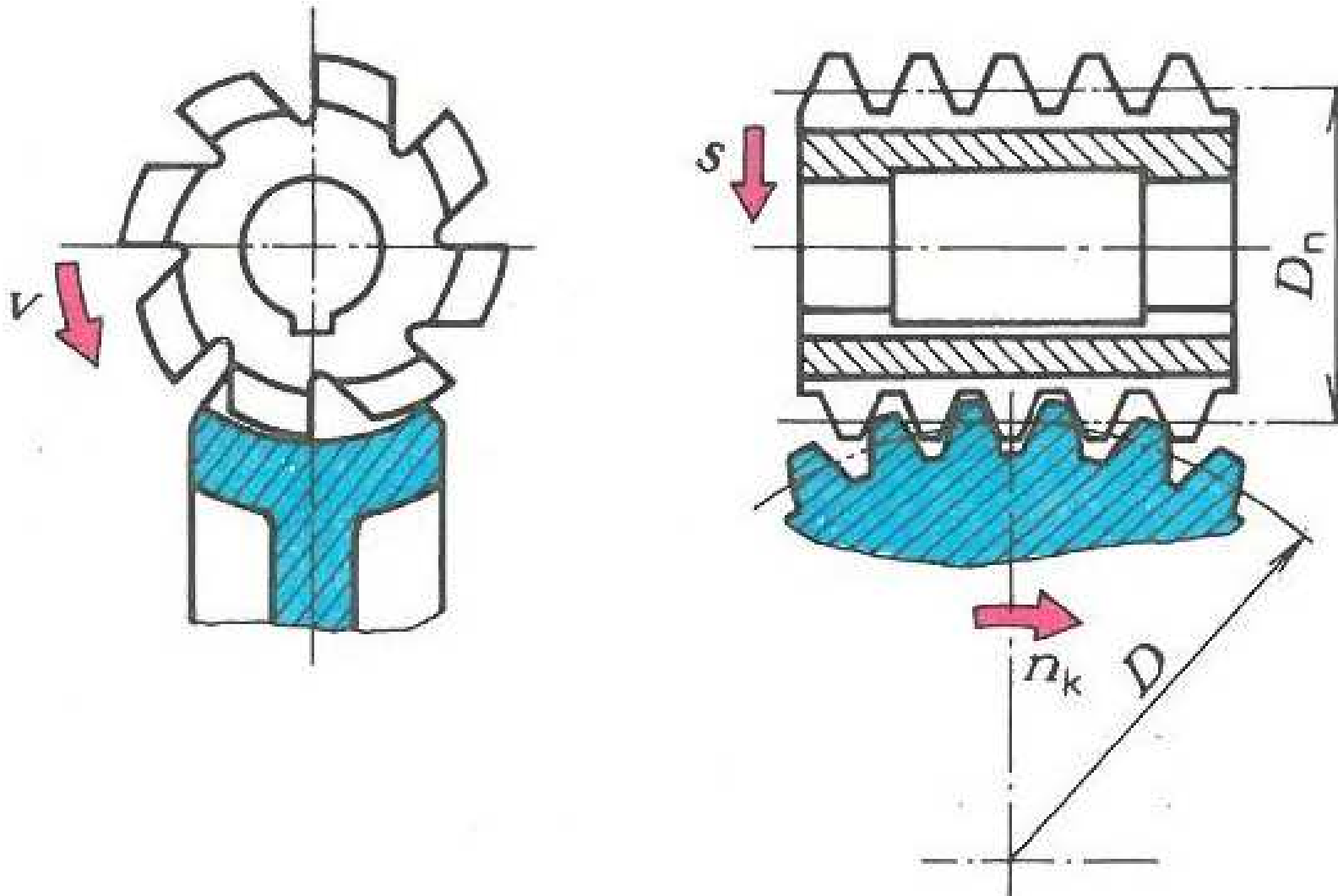
VÝROBA ŠNEKŮ

- Soustružení evolventního šneků nožem a jeho broušení



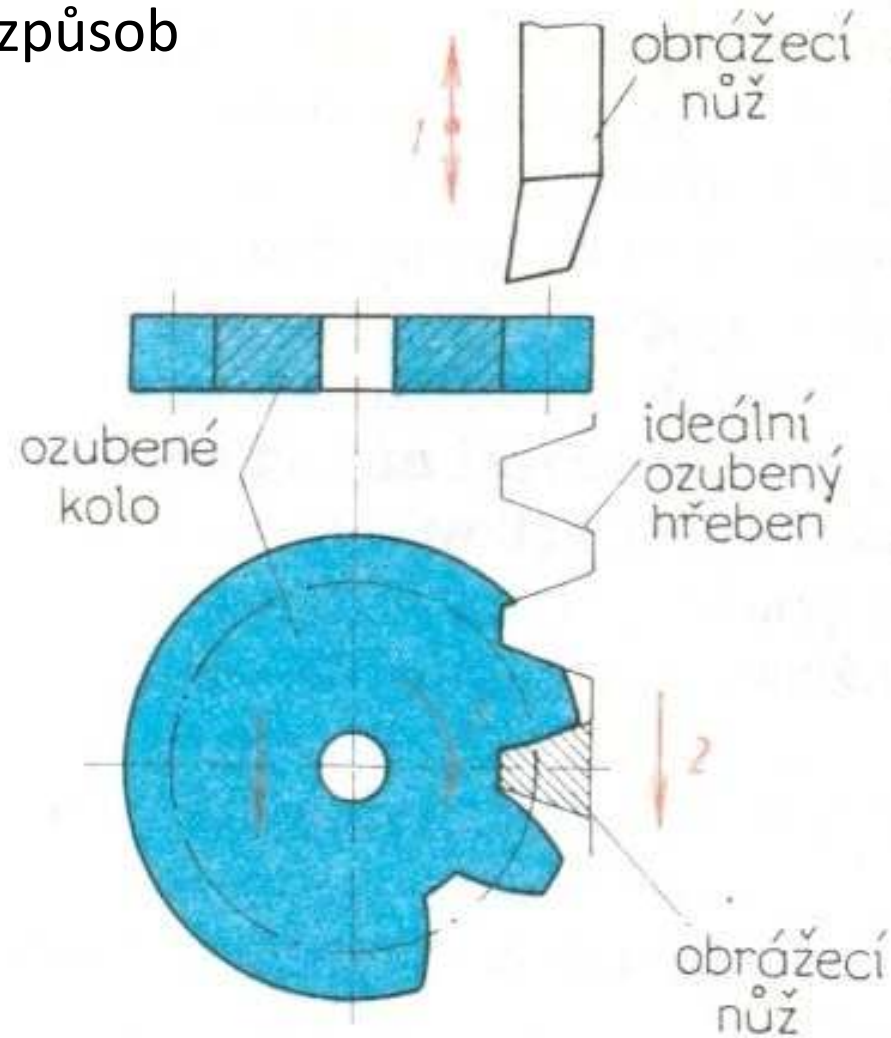
VÝROBA ŠNEKOVÝCH KOL - frézováním

- Odvalování ozubení šnekových kol radiálním způsobem



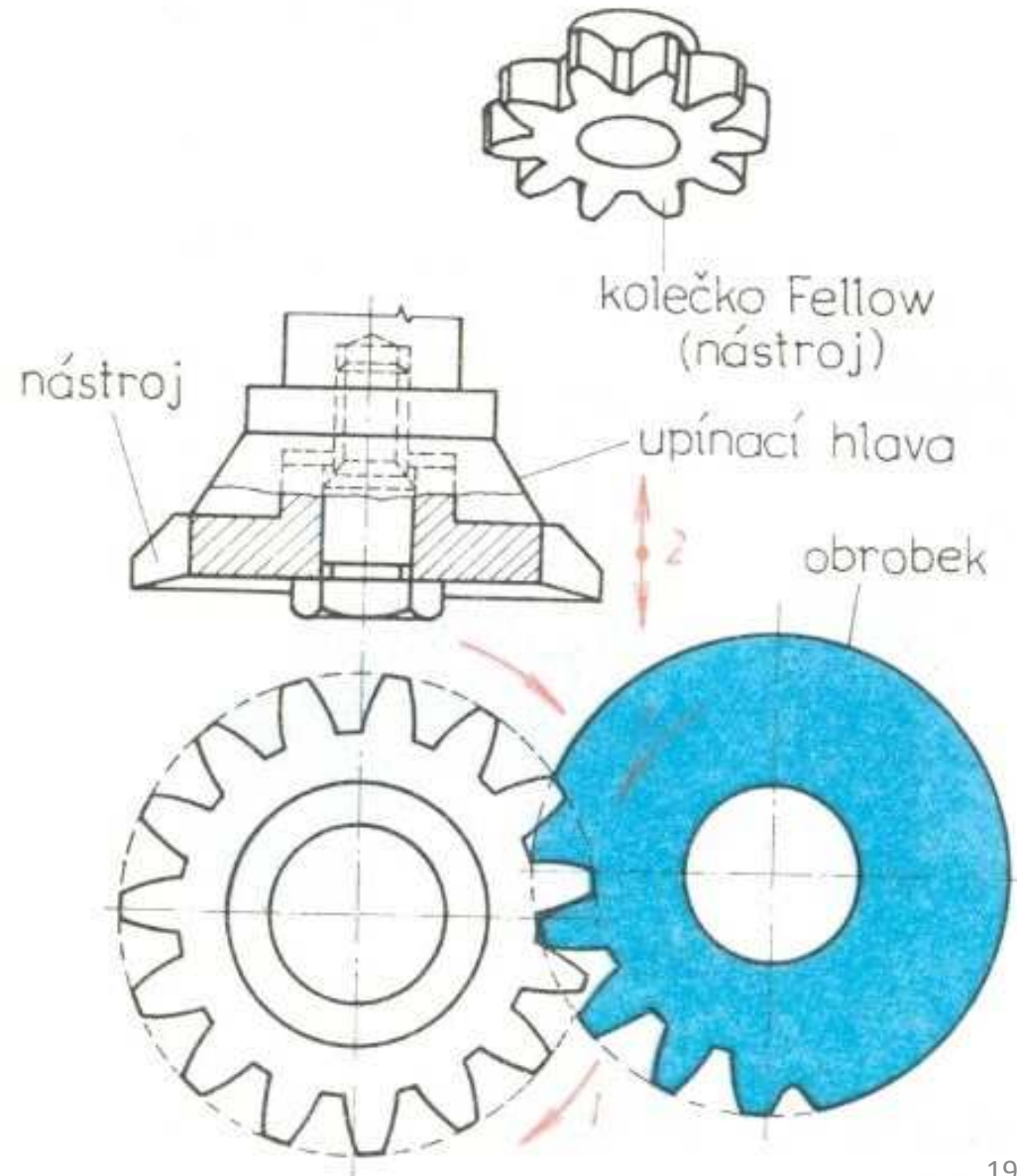
VÝROBA OZUBENÝCH KOL - obrážením

- Obrázení jednoprofilovým nástrojem – obrážecím nožem odvalovací způsob



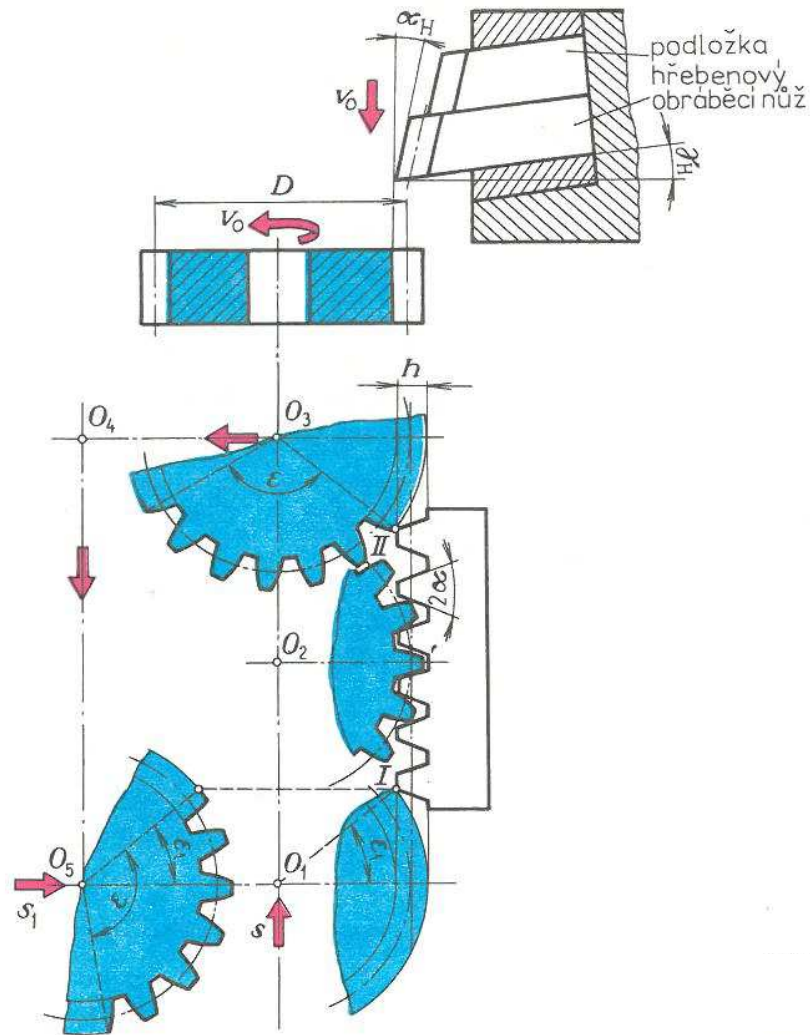
VÝROBA OZUBENÝCH KOL - obrážením

- Obrázení **kotoučovým nožem**
odvalovací způsob –
- Vhodné i pro vnitřní ozubení

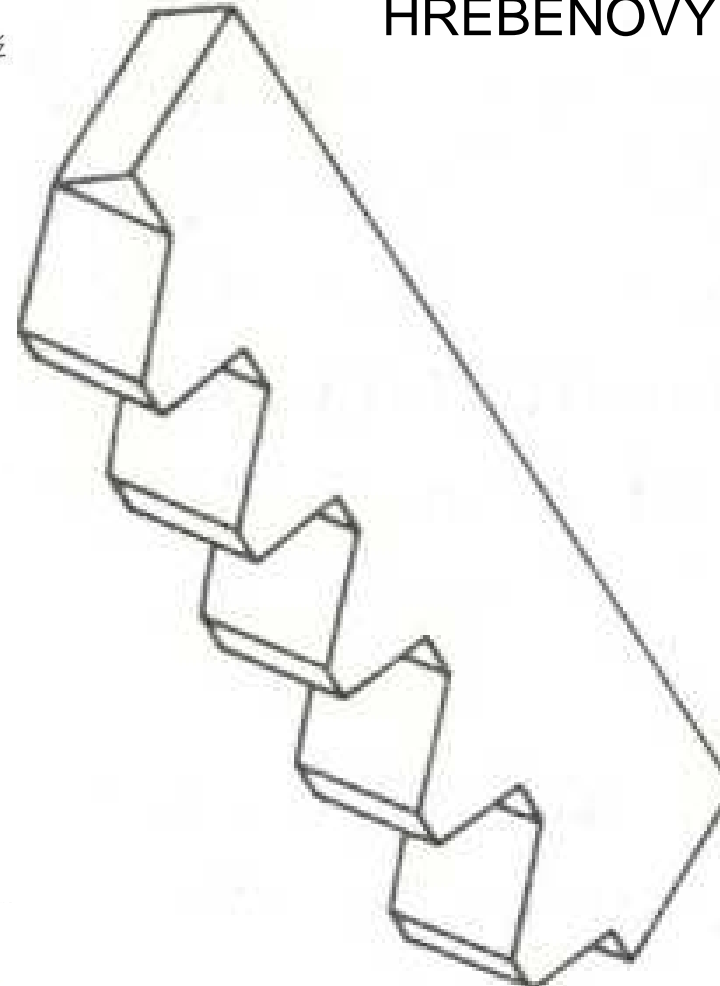


VÝROBA OZUBENÝCH KOL - obrážením

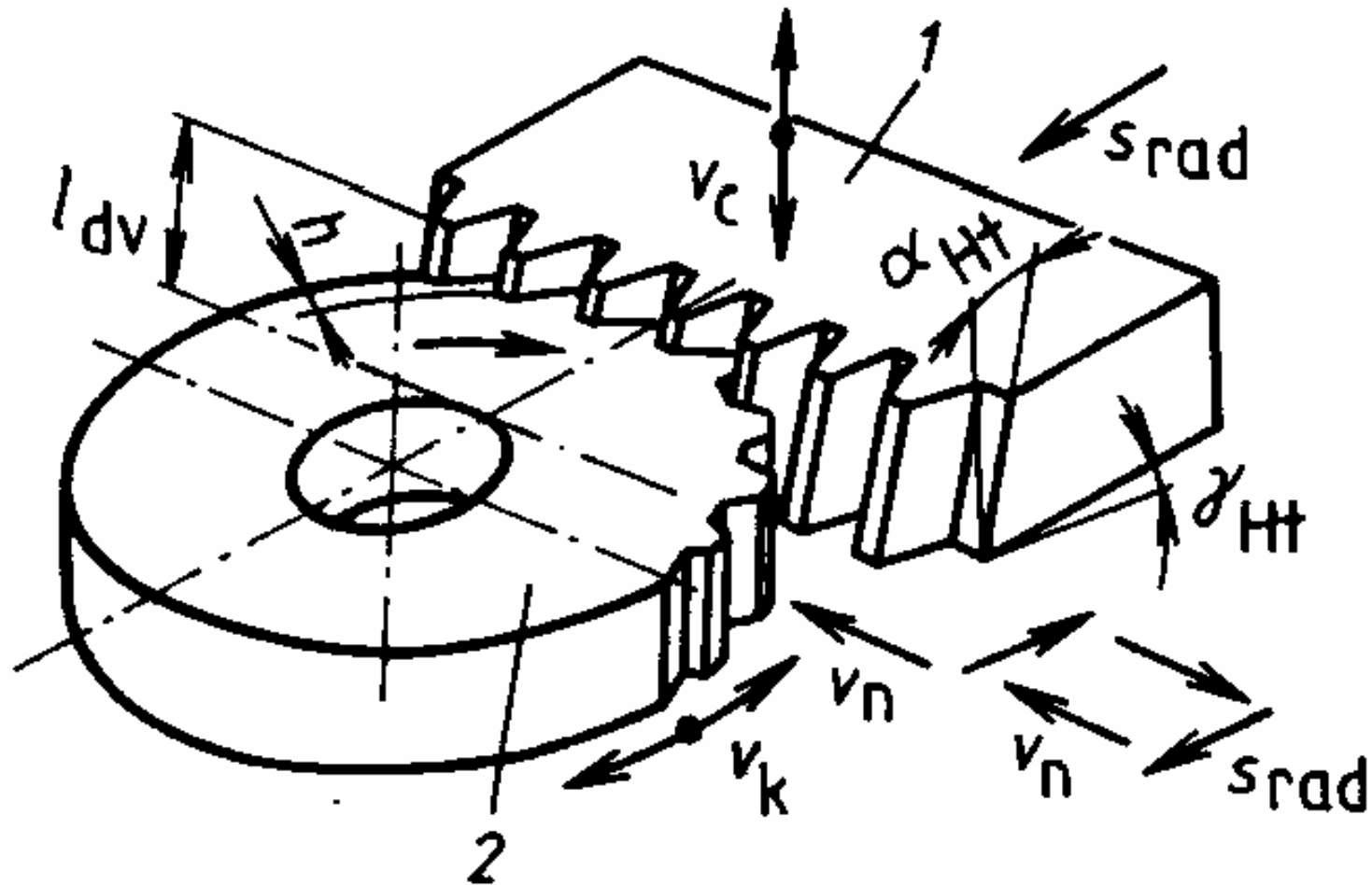
- Obrázení hřebenovým nožem - MAAG



HŘEBENOVÝ NŮŽ



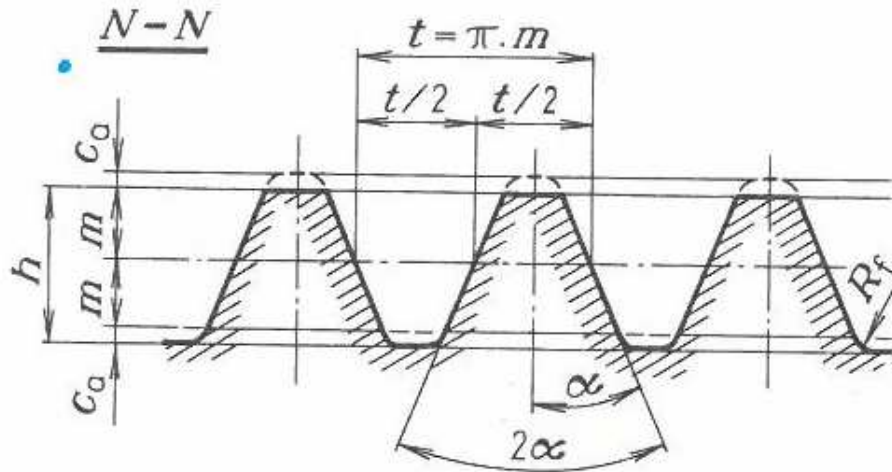
VÝROBA OZUBENÝCH KOL - obrážením



VÝROBA OZUBENÝCH KOL - obrážením

- Obrázení hřebenovým nožem se používají dva základní typy strojů
 - Odvalovací stroje **MAAG** – obrobek koná sdružený pohyb otáčivý a přímočarý, **nástroj** – koná **jen pohyb řezný – přímočarý vratný**
 - Odvalovací stroje **Parkinson** – obrobek se otáčí a nástroj vykonává sdružený odvalovací pohyb a řezný přímočarý vratný pohyb
- jedním z nejpřesnějších způsobů obrábění zubů
- Odvalovací pohyb je založen na principu záběru **základního hřebene** s ozubeným kolem
- Nástroj má tvar ozubeného hřebene s lichoběžníkovým profilem

ZÁKLADNÍ HŘEBEN

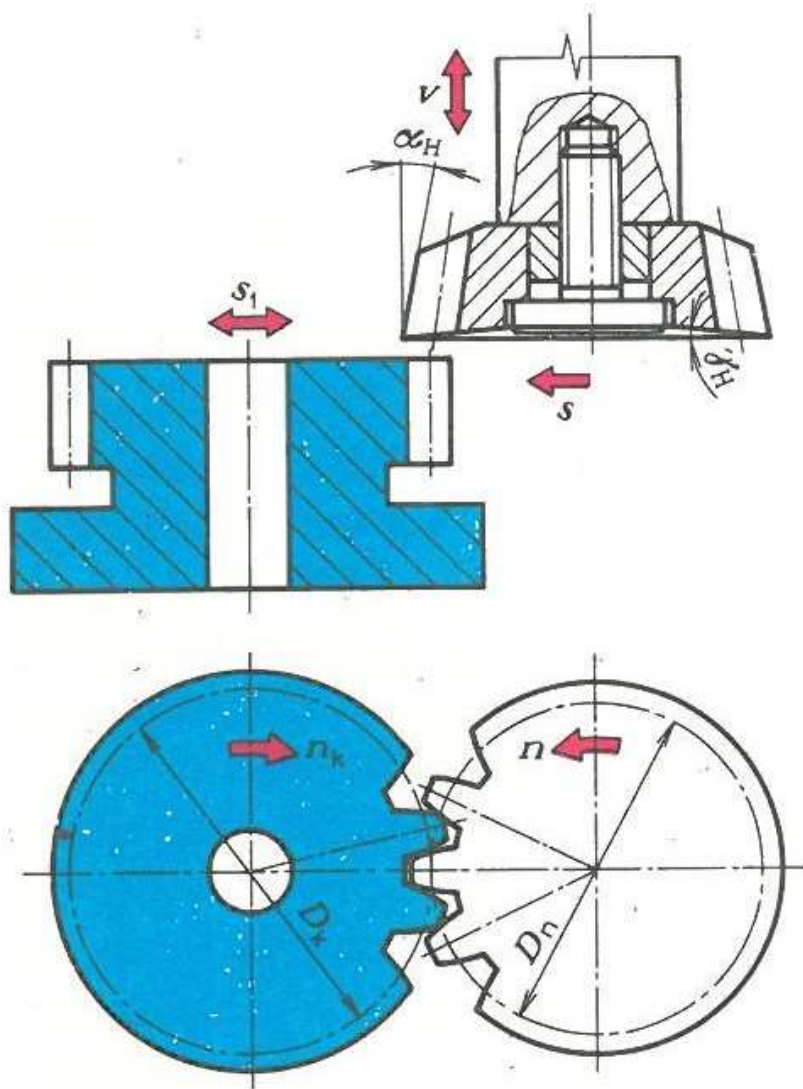


VÝROBA OZUBENÝCH KOL - obrážením

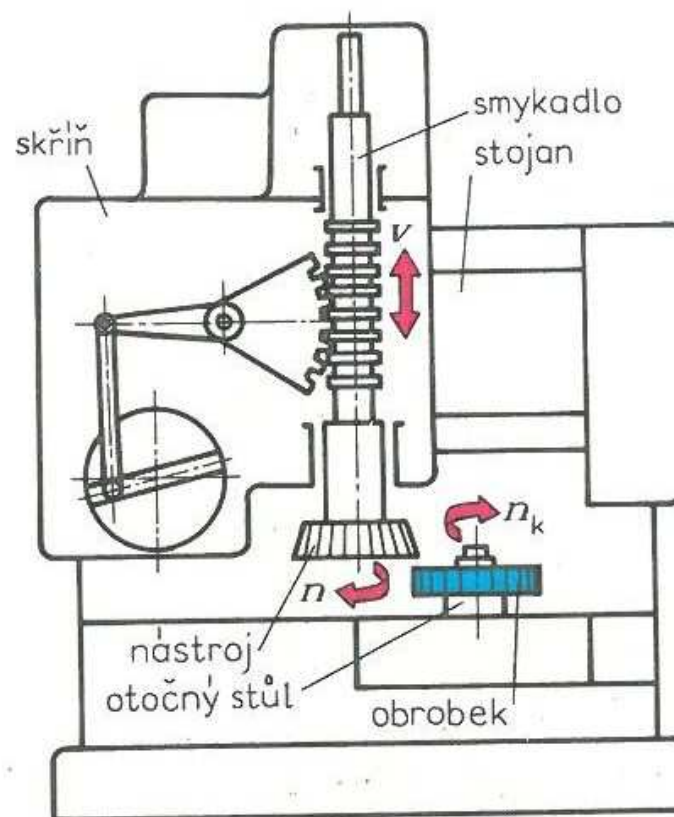
- Je jeden z nejpřesnějších způsobů výroby ozubených kol hřebenovým nožem na obrážecích odvalovacích strojích
- Odvalovací pohyb mezi nástrojem a obrobkem je založen na principu záběru základního hřebene s lichoběžníkovým profilem zubu s ozubeným kolem
- TYPY STROJŮ
- Odvalovací stroje MAAG
 - obrobek koná sdružený odvalovací pohyb otáčivý i přímočarý
 - nástroj typu MAAG koná jen řezný vratný pohyb
- Odvalovací stroje PARKINSON
 - obrobek se otáčí kolem pevného středu
 - nástroj typu Parkinson vykonává sdružený odvalovací pohyb přímočarý a řezný vratný pohyb

VÝROBA OZUBENÍ – obrážením

- Obrázení kotoučovým nožem FELLOW

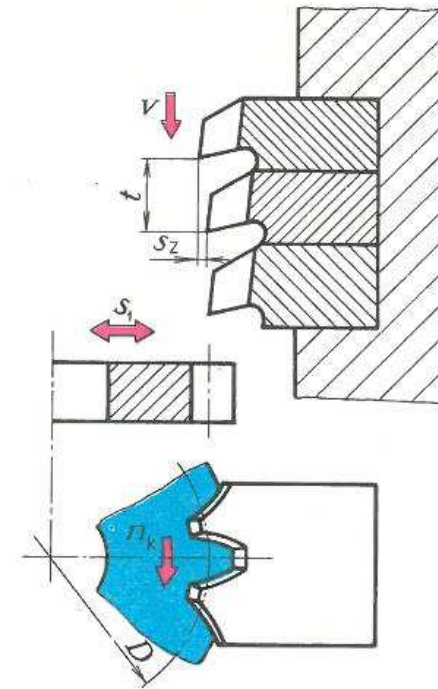


STROJ PRO OBRÁŽENÍ OZUBENÍ KOTOUČOVÝM NOŽEM



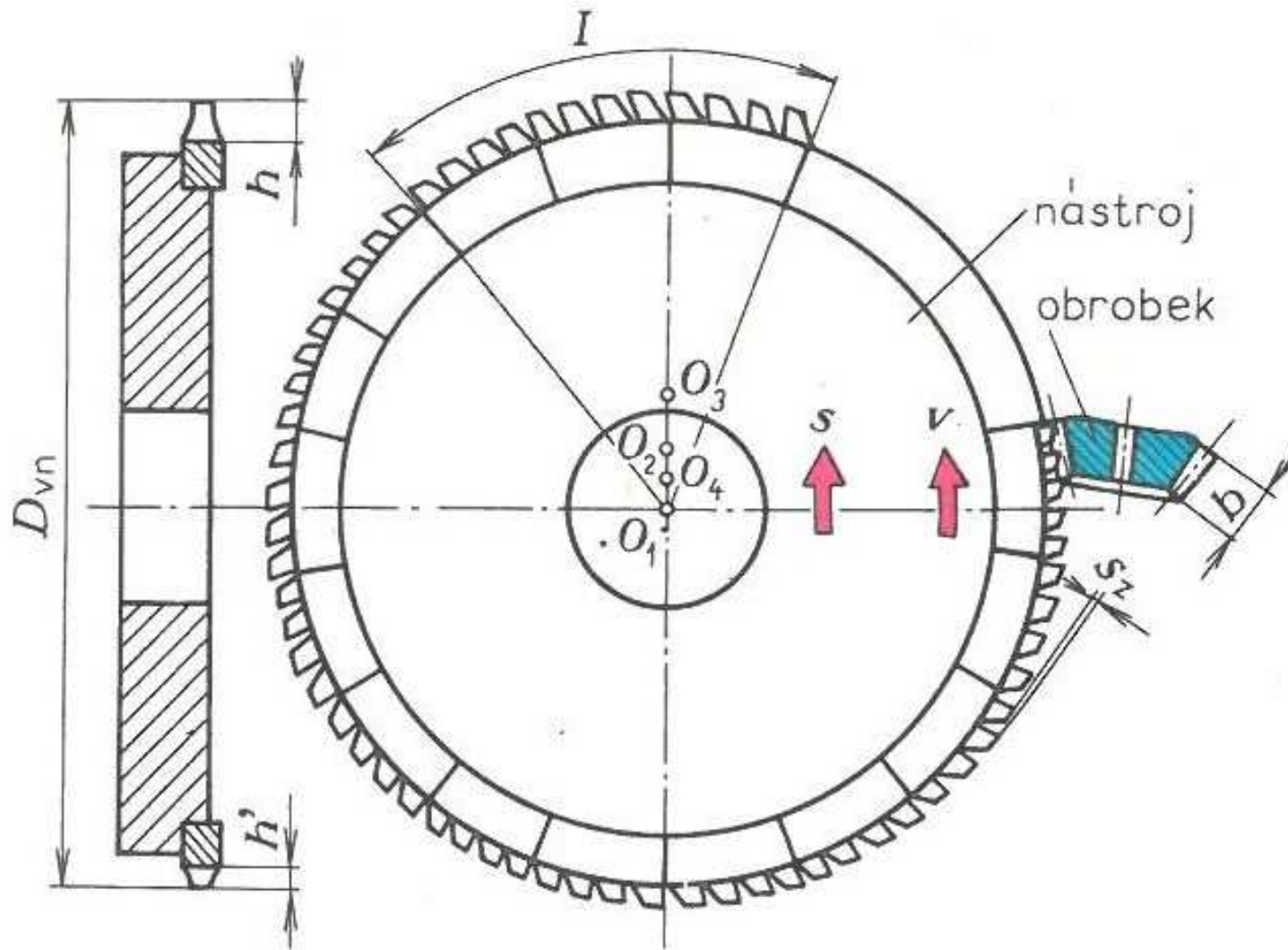
VÝROBA OZUBENÍ – protahováním

- Výkonný a přesný způsob tvarového obrábění zubů čelních kol
- Nástrojem je sada odstupňovaných tvarových nožů složených v blok protahováku
- Vysoké náklady na nástroj – jen pro velké série ozubených kol
- Pro tepelně nezpracovaná kola, která se dále již nedokončují broušením
- Protahovačky jsou stroje svislé konstrukce
- Řezná rychlost nástroje 4 – 10 mmin^{-1}



VÝROBA OZUBENÍ – protahováním

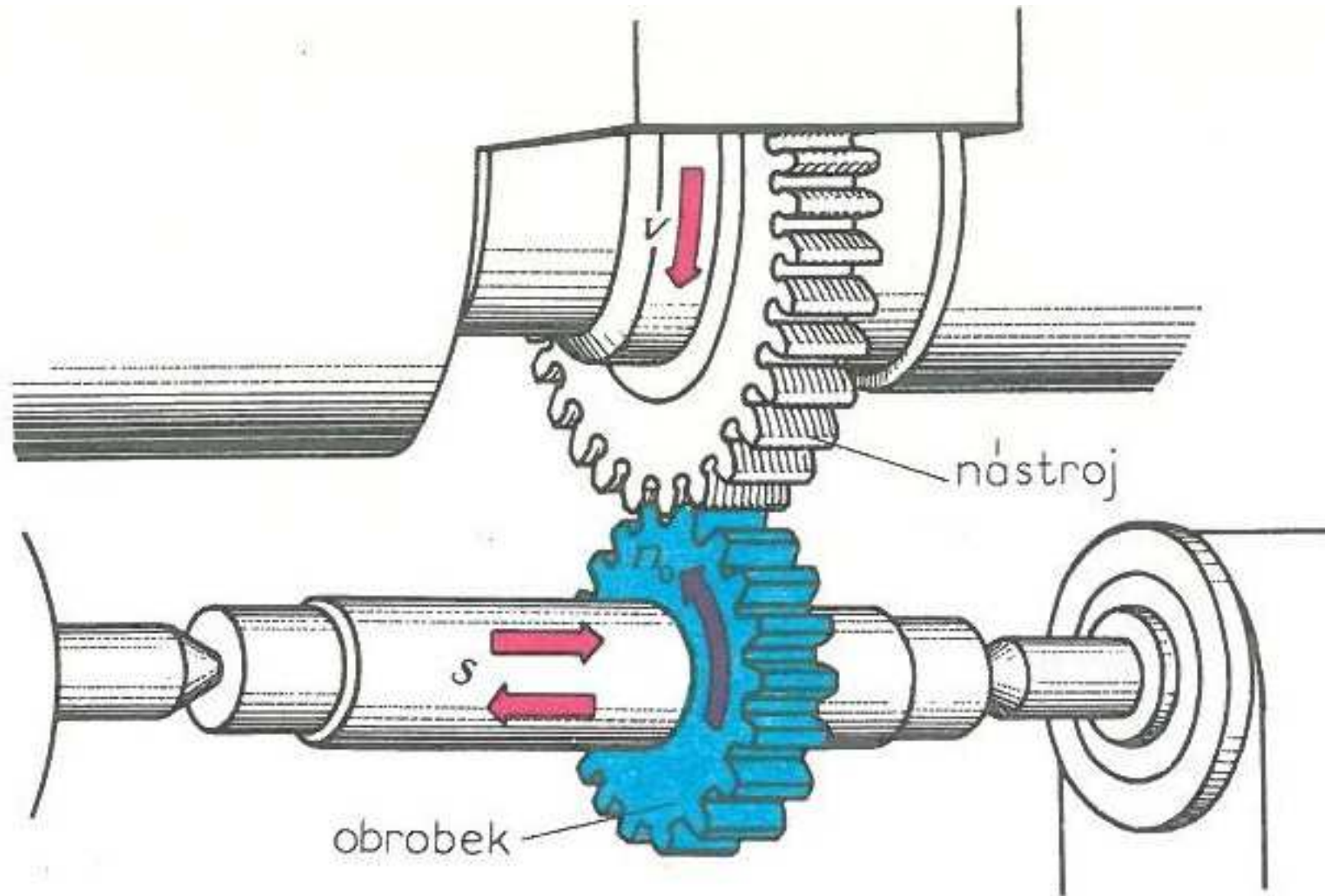
- Kotoučový protahovák



DOKONČOVÁNÍ OZUBENÍ - ševing

- Ševingování ozubených kol je operace vhodná pro **nekalená** ozubená kola, nebo po cementaci před kalením
- Ozubená kola pro ševing musí vyrobena s větší přesností než pro broušení
- Přídavek na ševing je 0,15mm na zub
- Nástrojem je **korigované ozubené kolo** na jehož bocích jsou drážky pro vytvoření rezných hran a pro odvod třísek
- Osy obráběného kola a nástroje jsou zkříženy pod úhlem 5 - 15°
- Ševingovací kolo má obvodovou rychlost 60 – 140 m/min , je přitlačováno k **obráběnému kolu, které je unášeno**
- Existuje podélné a diagonální ševingování

DOKONČOVÁNÍ OZUBENÍ - ševing

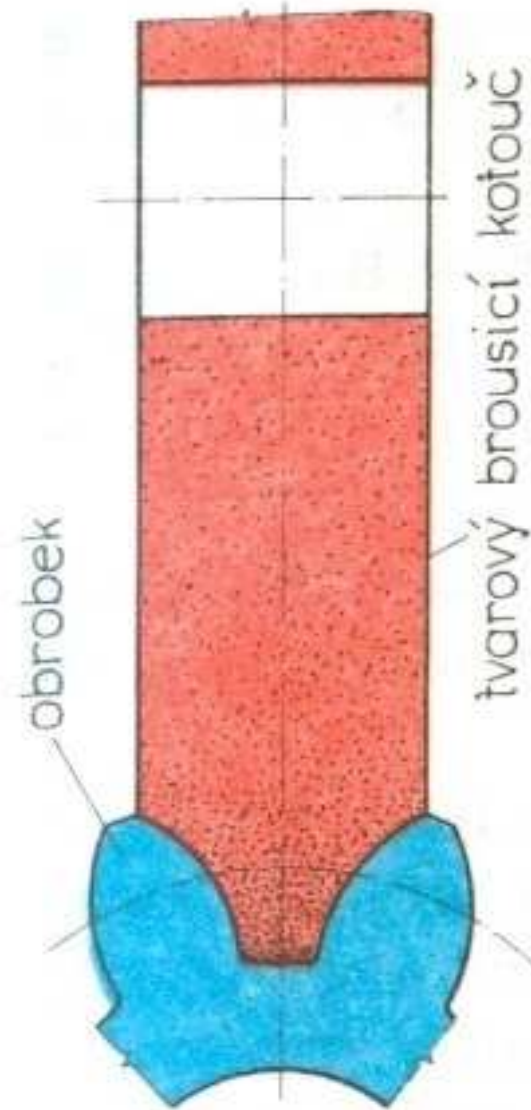


DOKONČOVÁNÍ OZUBENÍ - broušení

- Vhodné pro **kalená** ozubená kola pro velké výkony nebo velké obvodové rychlosti
- Způsoby broušení
 - **Dělicím způsobem** – jedním nebo dvěma brusnými kotouči
 - **Odvalovacím způsobem** – lichoběžníkovým kotoučem, kotoučem tvaru evolventního šneku, dvěma kotouči skloněnými, dvěma kotouči postavenými kolmo – je přesnější než dělicí způsob

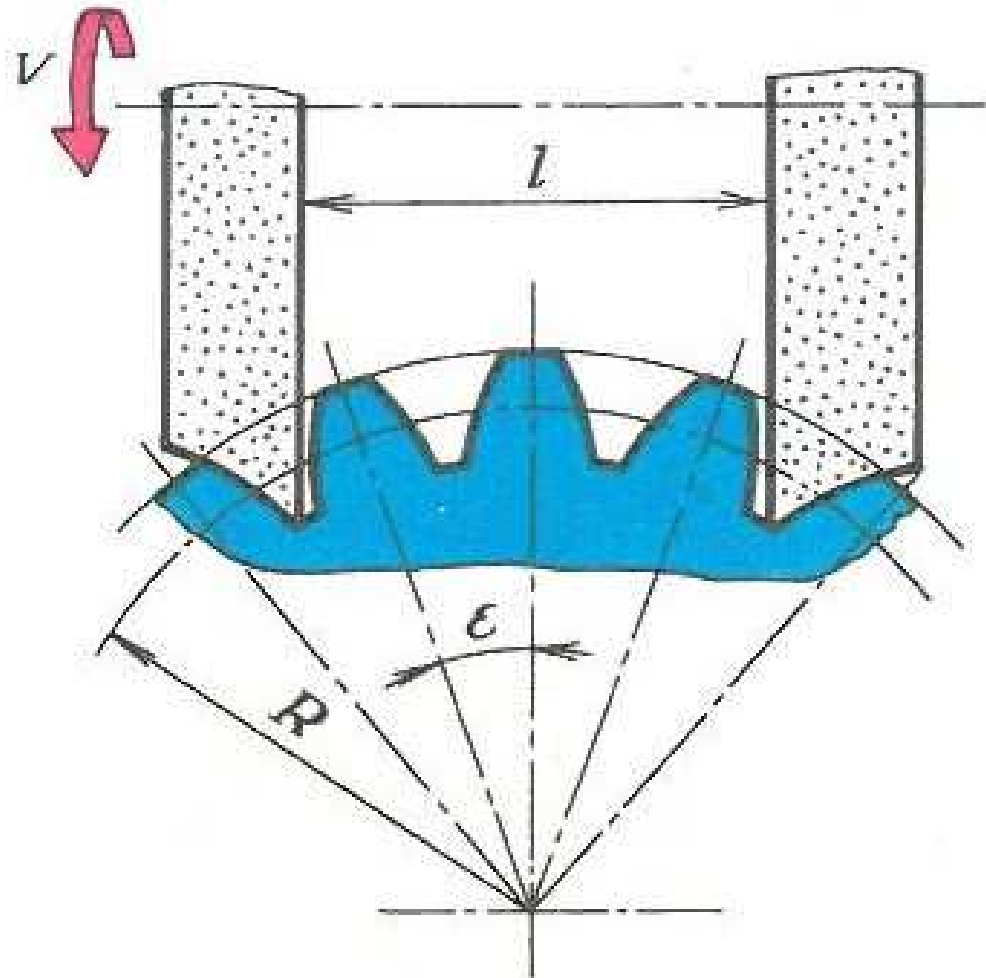
DOKONČOVÁNÍ OZUBENÍ - broušení

- Broušení ozubeného kola **tvárovým brousícím kotoučem**
- oba boky sousedních zubů se brousí současně
- Profil kotouče závislý na modulu, počtu zubů kola a úhlu záběru



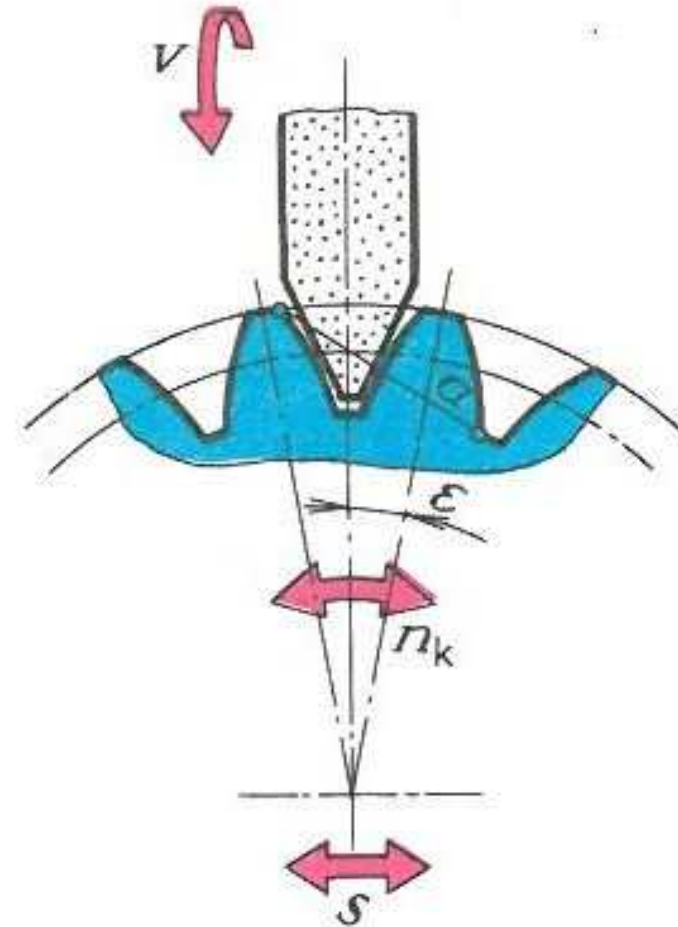
DOKONČOVÁNÍ OZUBENÍ - broušení

- Broušení **dvěma tvarovými brousícími kotouči**
- Přesnější a výkonnější
- Každý kotouč brousí jeden bok zubů



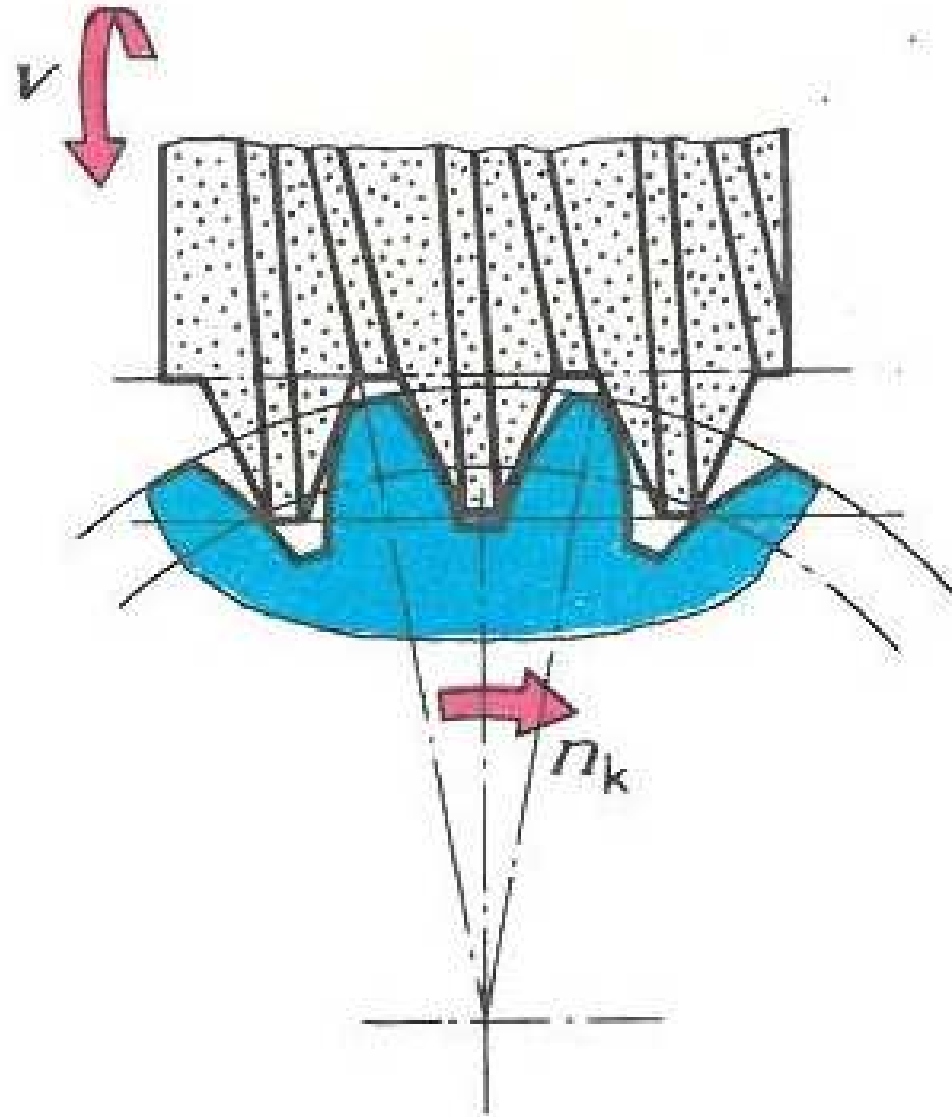
DOKONČOVÁNÍ OZUBENÍ - broušení

- Broušení zubů **lichoběžníkovým kotoučem**
- nástroj se dotýká broušeného kola vždy jen v jednom bodě, který se při odvalování pohybuje po boku zubu



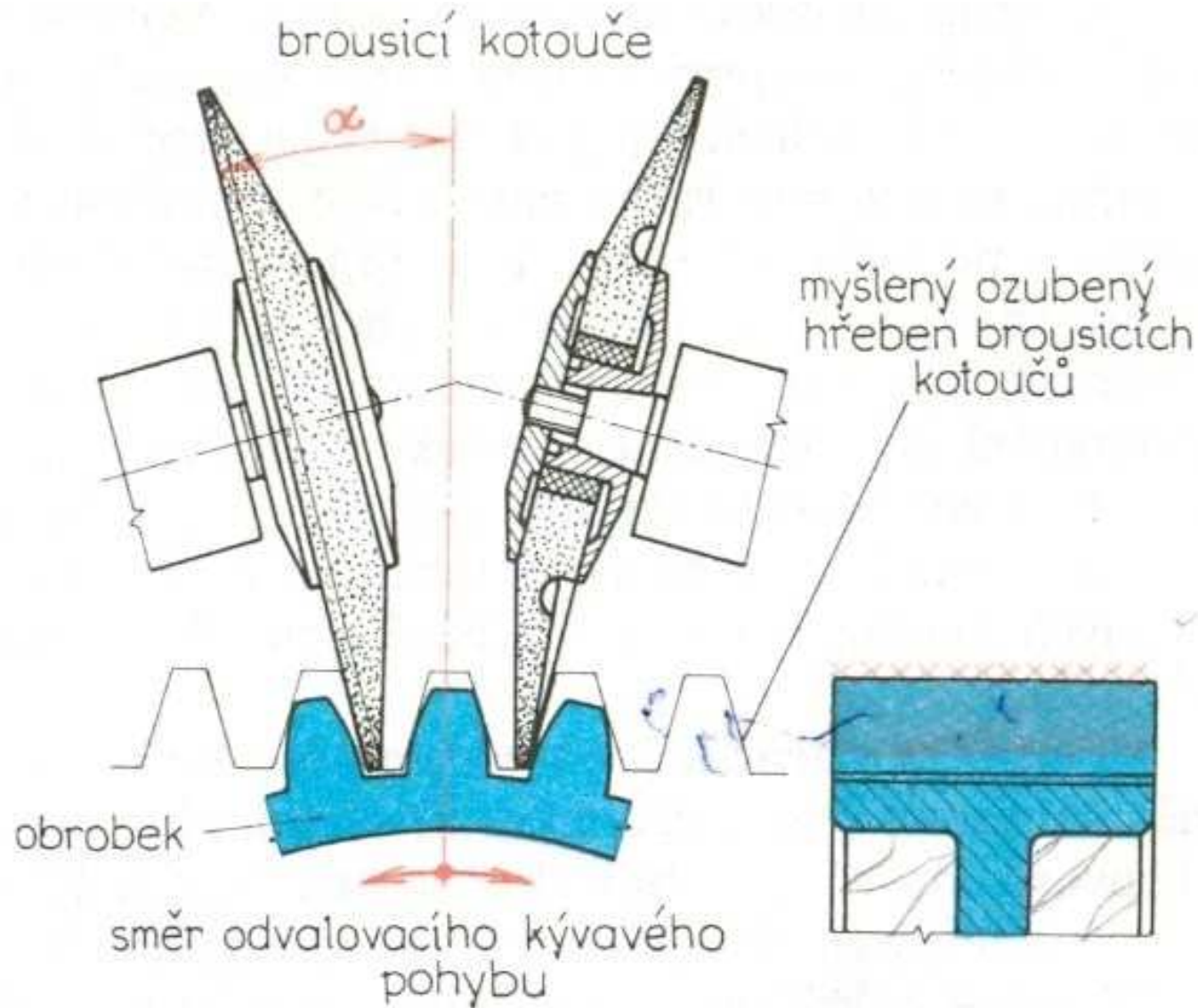
DOKONČOVÁNÍ OZUBENÍ - broušení

- Broušení zubů
**kotoučem tvaru
evolventního šneku**
- Obdobné jak u
frézování odvalovací
frézou



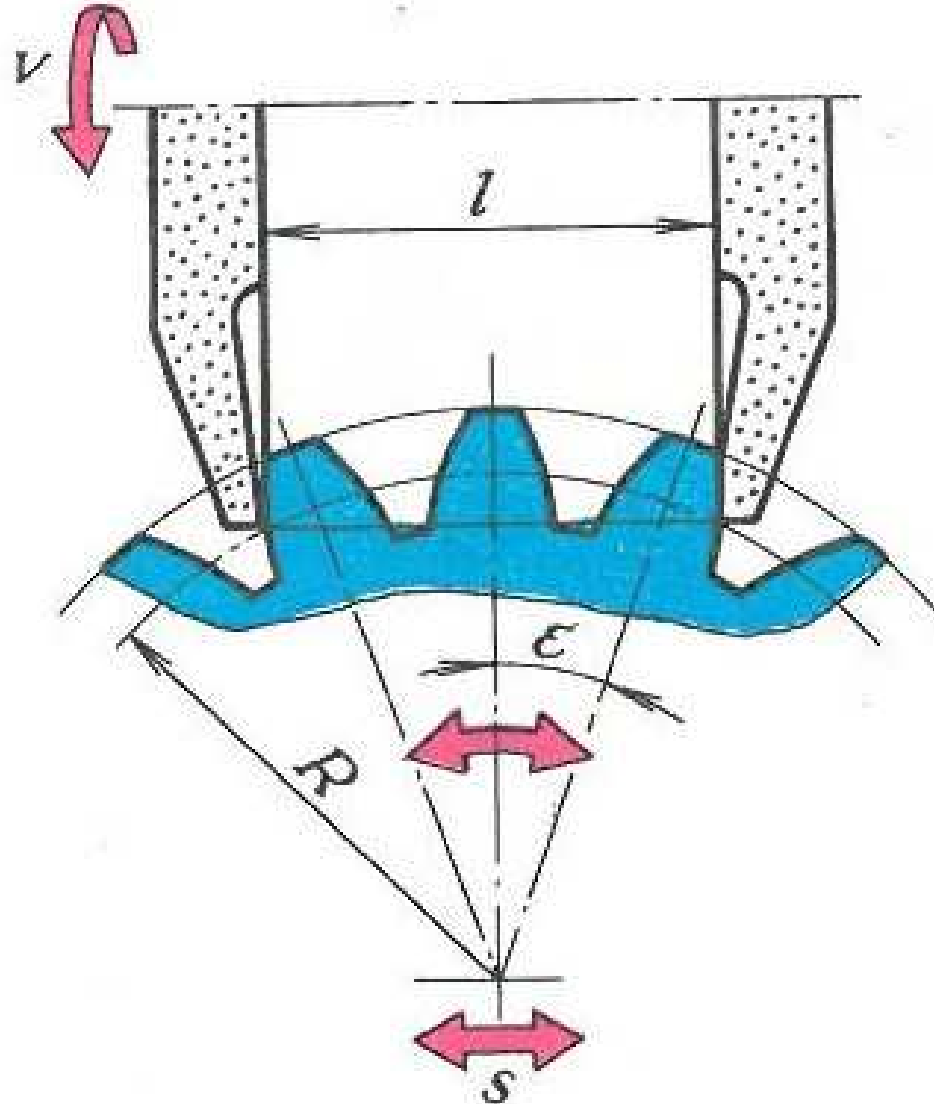
DOKONČOVÁNÍ OZUBENÍ - broušení

- Broušení zubů **dvěma kotouči skloněnými**



DOKONČOVÁNÍ OZUBENÍ - broušení

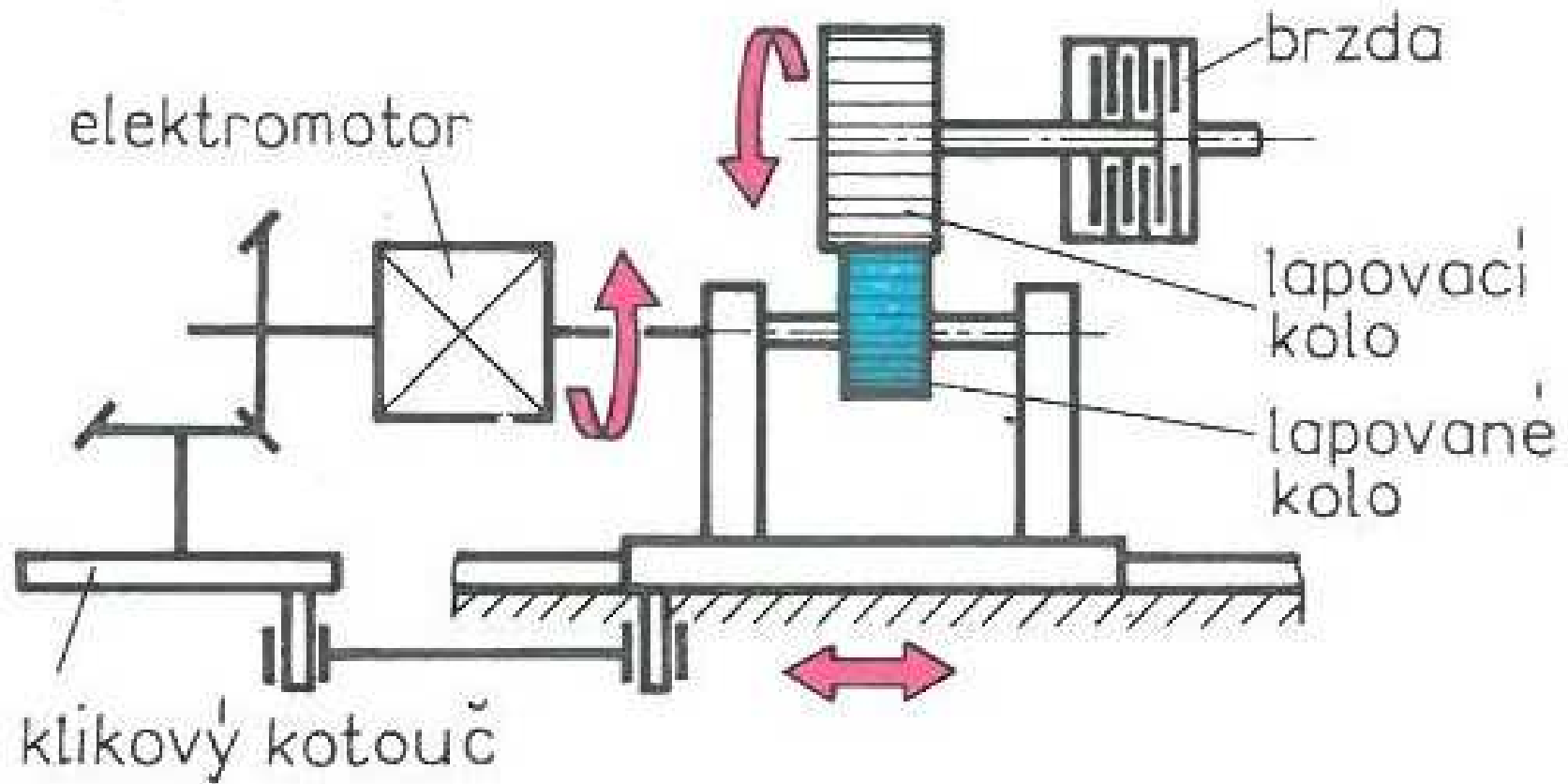
- Broušení zubů **dvěma kotouči postavenými kolmo**



DOKONČOVÁNÍ OZUBENÍ - lapování

- Vhodné pro **kalená** ozubená kola
- Provádí se na lapovacích strojích jedním nebo třemi korigovanými koly a lapovacím prostředkem (směs brusiva a oleje)
- Lapované kolo se pohybuje v záběru s lapovacím kolem a koná přímočarý vratný pohyb, tj. lapované pohání lapovací, které je brzděno
- přídavek na lapování 0,02 – 0,05 mm
- Obvodová rychlost 0,5 – 1 m/s

DOKONČOVÁNÍ OZUBENÍ - lapování



DOSAHOVANÉ IT A R_a

Podle požadavků kladených na ozubená kola se rozlišuje 8 stupňů přesnosti. K dosažení požadované přesnosti je třeba volit určitý způsob výroby. Zároveň je nutno dodržet drsnost povrchu boků zubů v uvedených mezích.

1. stupeň: Způsob výroby – broušení na nejpřesnějších odvalovacích bruskách, lapování.
Drsnost: $R_a = 0,1$ až $0,2$
2. stupeň: Způsob výroby – broušení na nejpřesnějších odvalovacích bruskách.
Drsnost: $R_a = 0,2$
3. stupeň: Způsob výroby – broušení na velmi přesných odvalovacích bruskách, frézování na speciálních odvalovacích frézách určených k frézování přesných kol.
Drsnost: $R_a = 0,2$ až $0,4$
4. stupeň: Způsob výroby – broušení na přesných odvalovacích bruskách, frézování na speciálních odvalovacích frézách.
Drsnost: $R_a = 0,2$ až $0,4$

DOSAHOVANÉ IT A R_a

5. stupeň: Způsob výroby – broušení na přesných odvalovacích a profilových bruskách, obrážení, ševingování, frézování na přesných strojích.

Drsnost: $R_a = 0,2$ až $0,8$

6. stupeň: Způsob výroby – frézování a obrážení na běžných, pečlivě seřízených strojích, nekalená kola. Kalená kola se obrážejí na přesných strojích, nebo ševingují, po kalení je vhodné lapování.

Drsnost: $R_a = 0,8$ až $1,6$

7. stupeň: Způsob výroby – na běžných strojích odvalovacím způsobem. Po obrobení zubů mohou být zpracována.

Drsnost: $R_a = 1,6$ až $6,3$

8. stupeň: Způsob výroby – frézováním nebo obrážením tvarovými nástroji.

Drsnost: $R_a = 6,3$ až $12,5$

Zdroje:

- Němec D., Strojírenská technologie 3, SNTL, PRAHA, 1979, 04-213-79
- Řasa J., Gabriel V., Strojírenská technologie 3, 1.díl, SCIENTIA, PRAHA, 2000
ISBN 80-7183-207-3