



BÖHLER UDDEHOLM

MATERIALIZING VISIONS

Tepelné spracovanie nástrojových ocelí

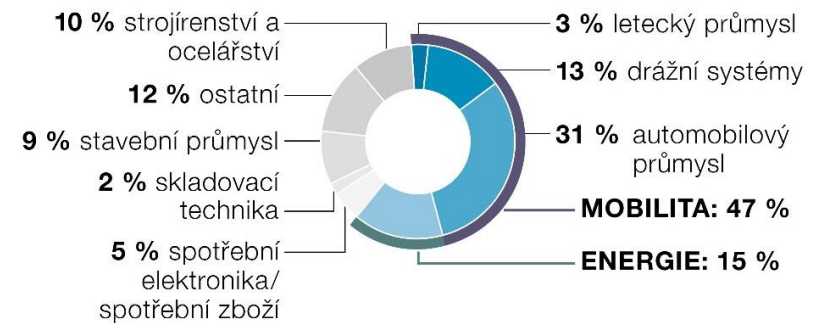
BÖHLER  **UDDEHOLM**

Voestalpine je koncern zameraný na technológie a priemyslové výrobky z oceli. Je jeden z najvýznamnejších subjektov v oblasti výroby, spracovania a vývoja náročných výrobkov z oceli, hlavne pre odvetvia s veľmi dynamickým technologickým rastom ako je automobilový, železničný, letecký a energetický priemysel.

Prehľad údajov obchodný rok 2013/2014

- Počet zamestnancov: 48 113
- Obrat: 11 228,0 mil. EUR
- EBITDA 1 382,7 mil. EUR
- EBIT 792,3 mil. EUR
- EBIT marža 7,1%

Obrat podle branží (obchodní rok 2013/2014)



- 500 prevádzok a výrobných závodov vo viac ako 50 krajinách sveta na 5 kontinentoch.

voestalpine Konzern



Steel

**Top European
Player**

Top-three European supplier of high quality sheet and global top position in heavy plate for the most demanding applications.

Special Steel

Global leadership

Worldwide leader in tool steel. Leading position in high-speed steel and special forgings.

Metal Engineering

Global leadership

European market leader for rails and processed wire, world market leader for turnouts and complete railway systems; leading position in welding consumables and seamless tubes.

Metal Forming

Global leadership

Leading worldwide provider of high-quality metal processing solutions, in particular special sections and precision steel coil as well as special components for the automobile industry

Global presence in all industrialized zones



- Výrobné závody Rakúsko (Kapfenberg, Mürzzuschlag, Bruckbach), Švedsko (Hagfors), Nemecko (Wetzlar), Brazíl (Sumaré)
- 70 prevádzok v 50 krajinách sveta na 5 kontinentoch

Voestalpine Special Steel Division

Výrobné závody

BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG

UDDEHOLM AB

BÖHLER Bleche GmbH & Co KG

VILLARES METALS S.A.

BUDERUS Edelstahl GmbH

BÖHLER Profil GmbH

Special Forgings

BÖHLER Schmiedetechnik GmbH & Co KG

Prehľad údajov obchodný rok 2013/2014

▶ Počet zamestnancov:	12 885
▶ Obrat	2 627,9 mil. EUR
▶ EBITDA	358,5 mil. EUR
▶ EBIT	224,4 mil. EUR
▶ EBIT marže	8,5 %

Odbytové spoločnosti

BÖHLER-UDDEHOLM (Deutschland) GmbH

BÖHLER-UDDEHOLM Italia SpA

BÖHLER-UDDEHOLM North America

BÖHLER-UDDEHOLM (UK) Ltd.

BÖHLER-UDDEHOLM France S.A.S.

BÖHLER-UDDEHOLM Iberica S.A.c

BÖHLER International GmbH

BÖHLERSTAHL Vertriebs GmbH

ESCHMANNSTAHL GmbH

ASSAB Pacific Pte. Ltd.

Nové trendy v povrchovej úprave materiálov pre zvýšenie kvality a životnosti nástrojov
Hotel Turiec 19.3.2015

Tepelné spracovanie nástrojových ocelí

Rusnák Rastislav

BÖHLER UDDEHOLM

Vákuové kalenie pretlakom dusíka 2 – 15 Bar



Vakuová kaliaca pec SECO/WARWICK

- ▶ Max rozmer vsádzky: 600x600x900mm
- ▶ Max hmotnosť vsádzky : 600kg
- ▶ Pretlak N₂: 2 - 15Bar

Vakuová kaliaca pec VH 669-6

- ▶ Max rozmer vsádzky: 600x600x900mm
- ▶ Max hmotnosť vsádzky : 600kg
- ▶ Pretlak N₂: 2 - 6Bar



Výhody

- ▶ Ovládateľná rýchlosť ochladzovania
- ▶ Povrch nie je oduhlíčený
- ▶ Povrch nie je zoxidovaný
- ▶ Malé deformácie
- ▶ Minimálne rozmerové zmeny
- ▶ Šetrné k životnému prostrediu

Nevýhody

- ▶ Možnosť kalit' len materiály s dobrou prekaliteľnosťou

Vákuové kalenie do oleja



Dvojkomorová vákuová pec RDVA 8.10.6,5/13G

- ▶ Max rozmer vsádzky: 450x300x750mm
- ▶ Max hmotnosť vsádzky : 150kg
- ▶ Kaliace médium olej

Výhody

- ▶ Vysoká ochladzovacia rýchlosť = možnosť kaliť materialy z nižšou prekaliteľnosťou
- ▶ Povrch nie je oduhličený
- ▶ Povrch nie je zoxidovaný

Nevýhody

- ▶ Väčšie deformácie

Nitridácia, karbonitridácia v plyne /N, KN + oxidácia/



NITREX – plynová nitridácia s riadenou atmosférou

- ▶ Max rozmer vsádzky: $\phi 1000 \times 1500 \text{mm}$
- ▶ Max hmotnosť vsádzky : 2000kg

IVA RH 966RVE

- ▶ Max rozmer vsádzky: 600x600x900mm
- ▶ Max hmotnosť vsádzky : 600kg

Výhody

- ▶ Celý povrch je nanitridovaný /priebežné diery, tvarové dutiny v detailoch a pod./
- ▶ Jednoduché šaržovanie
- ▶ Možnosť nitridovať aj veľmi malé detaily
- ▶ Možnosť nitridovať tvarovo zložité detaily

Nevýhody

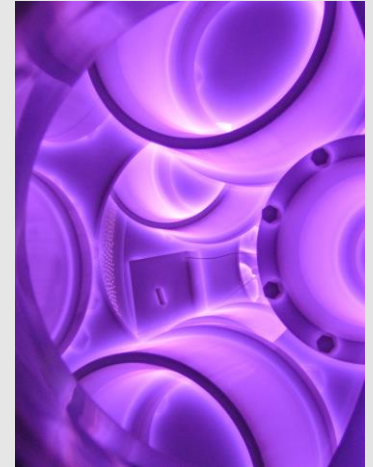
- ▶ Nemožnosť nitridovať koróziózodorné materiály
- ▶ Obtiažne chránenie pred nitridáciou /len pastou/

Plazmová nitridácia



Plazmová nitridačná pec PN100/180 Duo

- ▶ Max rozmer vsádzky: $\phi 1000 \times 1800 \text{mm}$
- ▶ Max hmotnosť vsádzky : 5000kg



Výhody

- ▶ Možnosť nitridovať koróziuvzdorné materiály
- ▶ Vyššia povrchová tvrdosť
- ▶ Menšia deformácia
- ▶ Lepšie riadenie procesu nitridácie
- ▶ Menšie rozmerové zmeny
- ▶ Ľahká ochrana povrchu pred nitridáciou

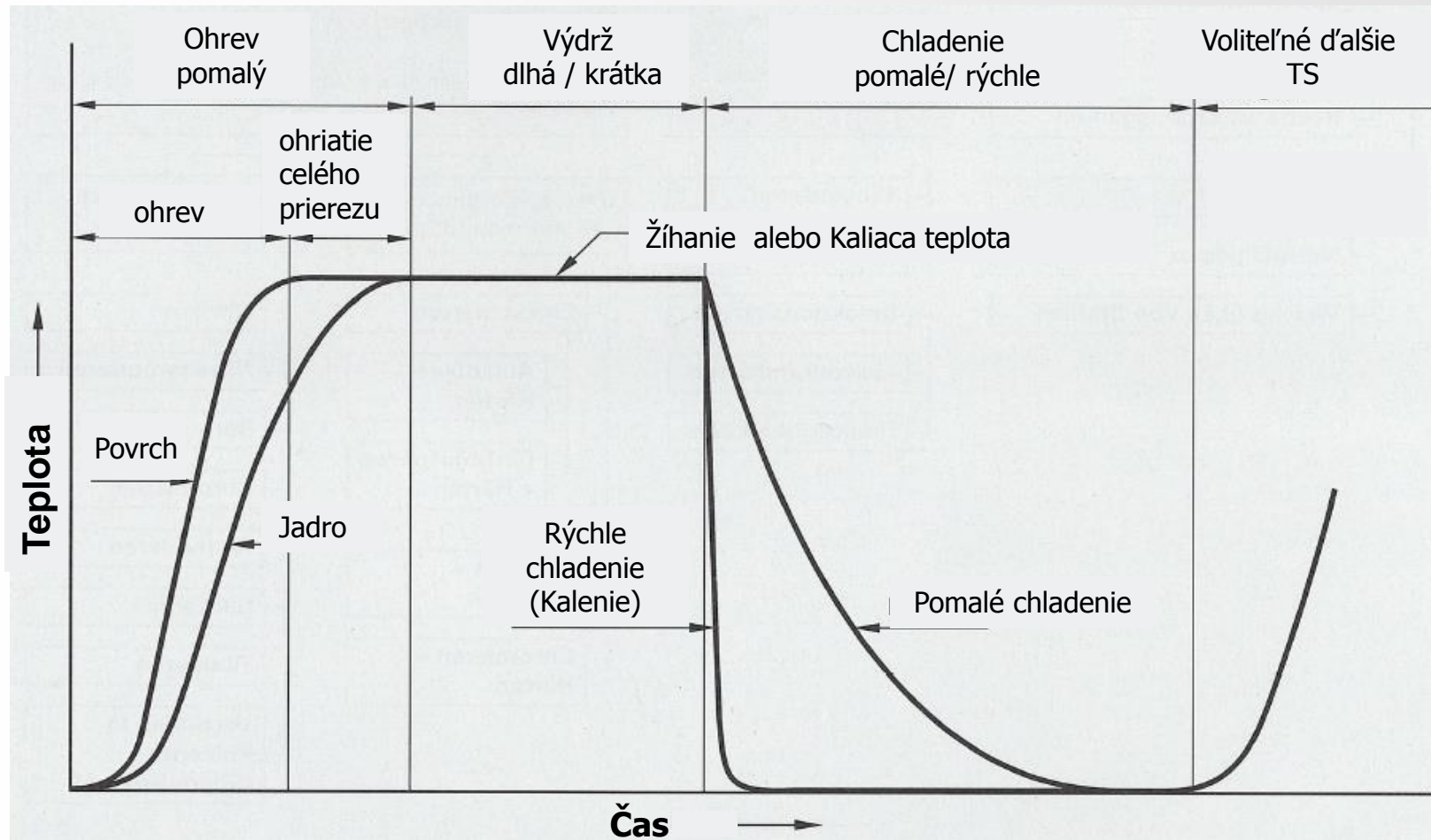
Nevýhody

- ▶ Obtiažne šaržovanie
- ▶ Priebežné dlhé otvory nie je možné nanitridovať po celej dĺžke
- ▶ Nie je nanitridovaný celý povrch
- ▶ Tvarovo zložitý detail je obtiažne plazmovo nitridovať

VÝKON NÁSTROJA

- ▶ **Konštrukcia nástroja** = veľkosť, rozmery, geometria, zložitosť, správne navrhnutá tvrdosť, správne navrhnutý materiál, minimalizácia koncentrátorov napätí...,
- ▶ **Technológia výroby nástrojovej ocele** = homogennosť štruktúry, prítomnosť primárnych karbidov, mikročistota, izotropia vlastností, rozloženie sekundárnych karbidov /množstvo, veľkosť, geometria, rozloženie/, stav žihania na mätko, prekaliteľnosť, plasticita ...
- ▶ **Tepelné spracovanie** = predohrev, kaliaca teplota, rýchlosť ochladenia, popúšťanie, chemicko tepelné
- ▶ **Výroba nástroja** = trieskové opracovanie, elektroerozívne opracovanie, brúsenie, leštenie, aplikácia modzioperačných žíhaní.....
- ▶ **Spracovávaný materiál** = druh materiálu, tvrdosť, tvrdé častice, húževnatosť, materiálu
- ▶ **Procesné podmienky** = vôľa, mazanie, chladenie, stabilita stroja, kadencia, čistota...
- ▶ **Údržba nástroja** = ostrenie, čistenie, leštenie, opravné zvary, popúšťanie na odstránenie napätí

Princípy tepelného spracovania



Nové trendy v povrchovej úprave materiálov pre zvýšenie kvality a životnosti nástrojov
Hotel Turiec 19.3.2015

Tepelné spracovanie nástrojových ocelí

Rusnák Rastislav

Tepelné spracovanie v oceliarni

Tepelné spracovanie valcovaných a kovaných polotovarov pred expedíciou

- ▶ Homogenizačné (difúzne žíhanie)
- ▶ **Žíhanie na mätko**
- ▶ **Kalenie a popúšťanie (zošľachtovanie)**
- ▶ **Žíhanie na odstránenie napätí**



Pre najlepšiu štruktúru a úžitkové vlastnosti

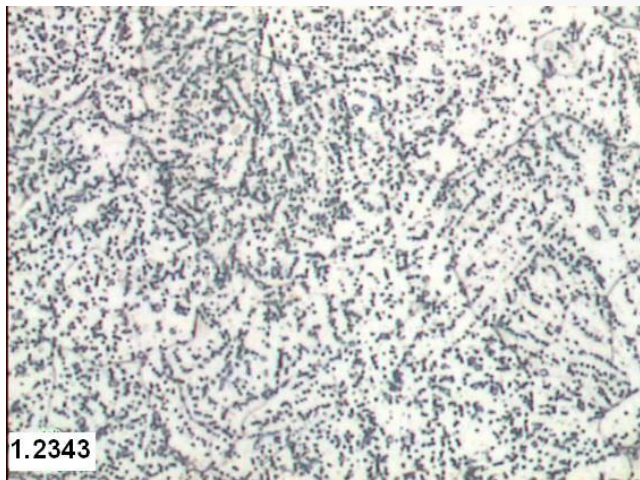
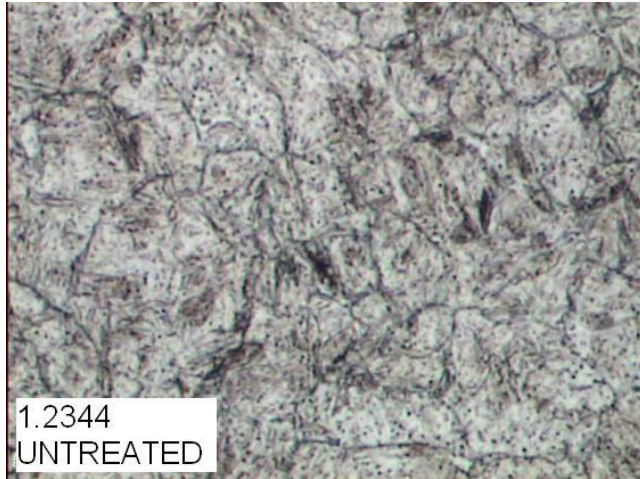
Nové trendy v povrchovej úprave materiálov pre zvýšenie kvality a životnosti nástrojov
Hotel Turiec 19.3.2015

Tepelné spracovanie nástrojových ocelí

Rusnák Rastislav

BÖHLER UDDEHOLM

ŽÍHANIE NA MÄKKO NÄSTROJOVÝCH OCELÍ

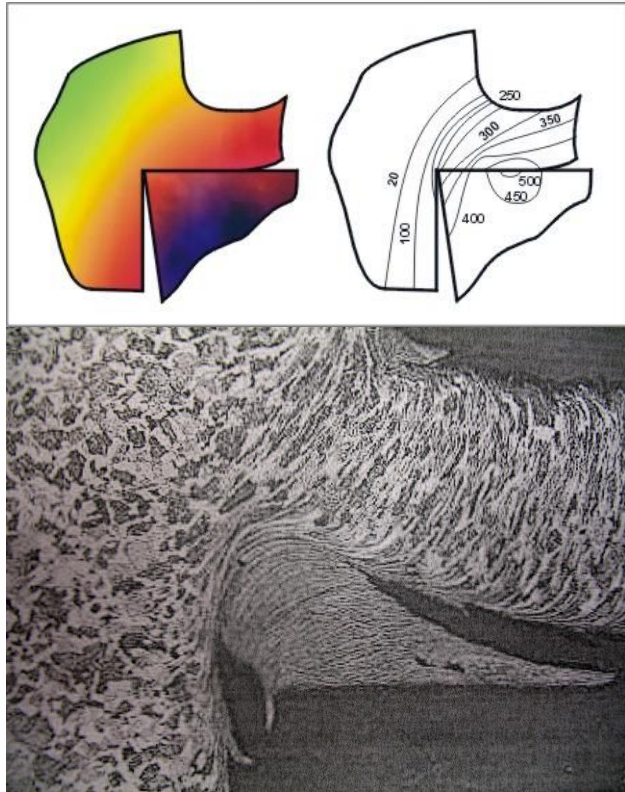


Ohrev ocele okolo A_{c1} po celom priereze s následným pomalým ochladením v peci $10^{\circ} - 20C/hod$ do $500^{\circ}C$

Hlavný cieľ žíhania na mätko

- ▶ Znížiť tvrdosť polotovaru na minimálne možnú hodnotu, aby sa dal ľahko opracovať
- ▶ Zaisťovať vhodnú, rovnomernú štruktúru pre nasledujúce kalenie – rovnomernú austenitizáciu = rovnomerná tvrdosť po kalení, menšie deformácie a rozmerová stálosť
- ▶ Správna štruktúra po žíhaní na mätko je tvorená feriticko karbidickou zmesou so zglobulizovanými karbidmi rovnomerne rozloženými vo feritickej matici

ŽIHANIE NA ODSTRÁNENIE VNÚTORNÉHO NAPÄTIA



Ohrev materiálu na teplotu 550 – 700°C / 2hod / pomalé ochladzovanie v peci

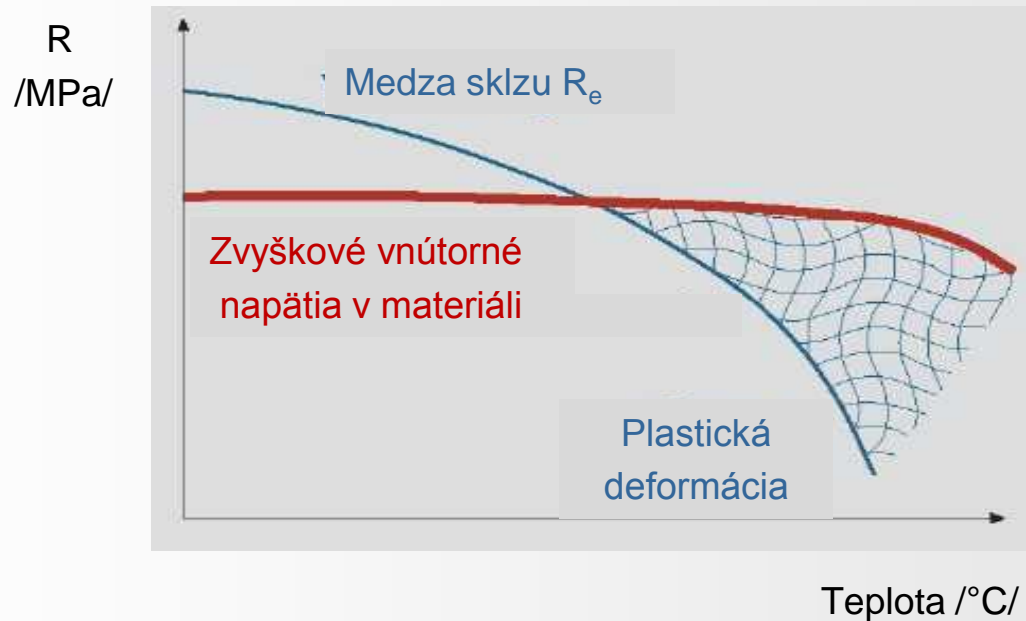
Cieľ : Znížiť vnútorné napätia vnesene do materiálu:

- ▶ nerovnomerným ohrevom / zváranie..../,
- ▶ tvárnením za studena /napr. rovanie ... /
- ▶ trieskovým obrábaním /frézovanie, sústruženie, brúsenie.../

Vysoké vnútorné napätia pri ohreve na kaliacu teplotu môžu spôsobiť veľké deformácie

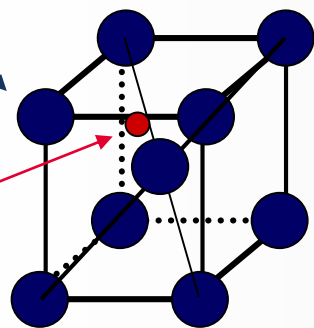
ŽÍHANIE NA ODSTRÁNENIE VNÚTORNÉHO NAPÄTIA

Vnútorne napätia vnesené do materiálu v priebehu výroby sa uvoľnia plastickou deformáciou

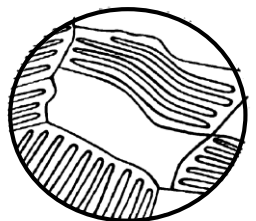


Fe (Cr,Mo, Co..)

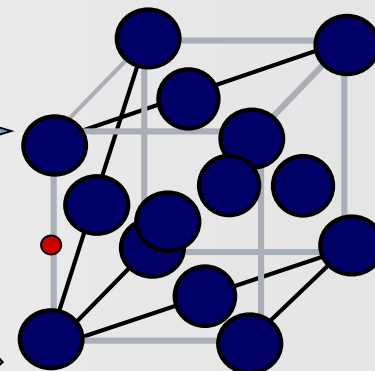
C, N



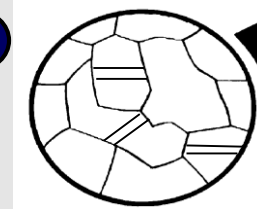
Ferit



Ohrev (austenitizácia)

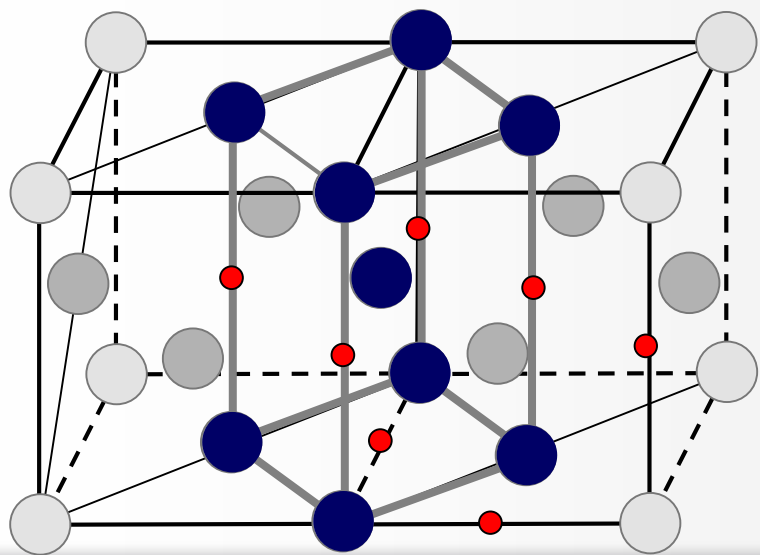


Austenite

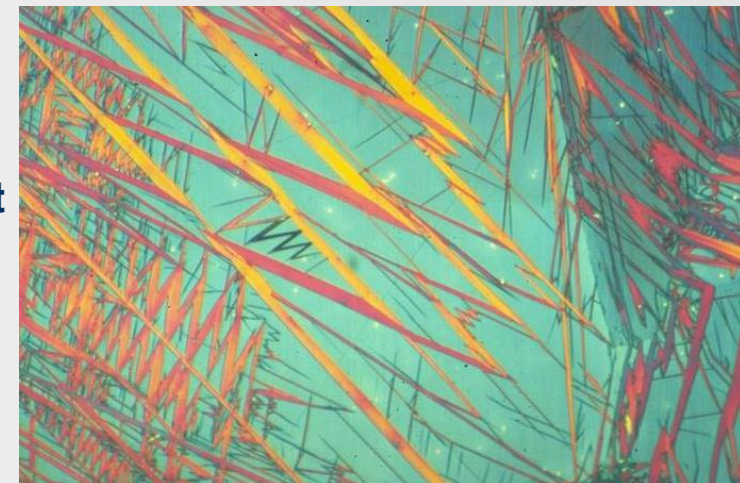
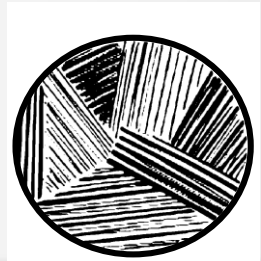


Chladienie (pomalé)

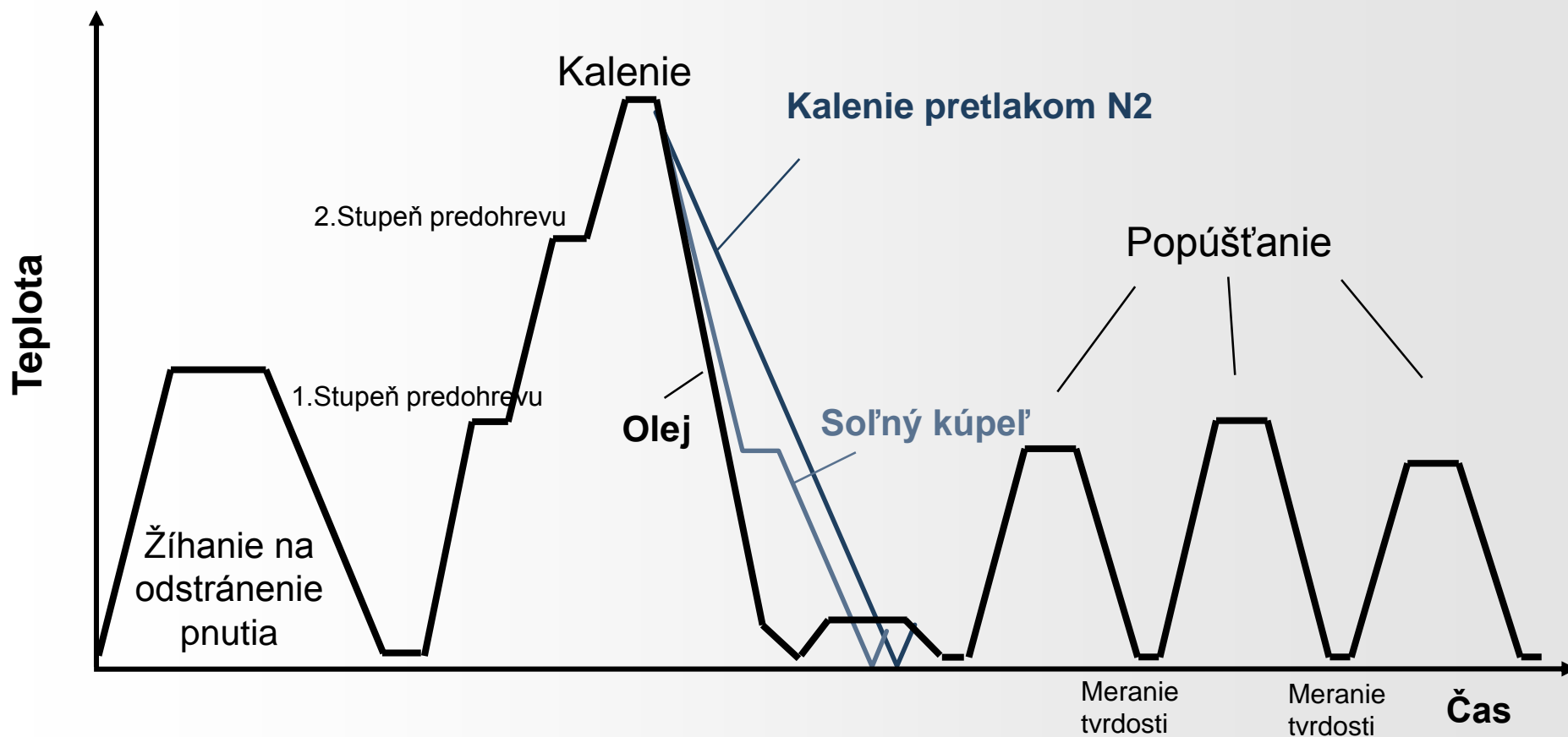
Kalenie



Martenzit



KALENIE NÁSTROJOVÝCH OCELÍ

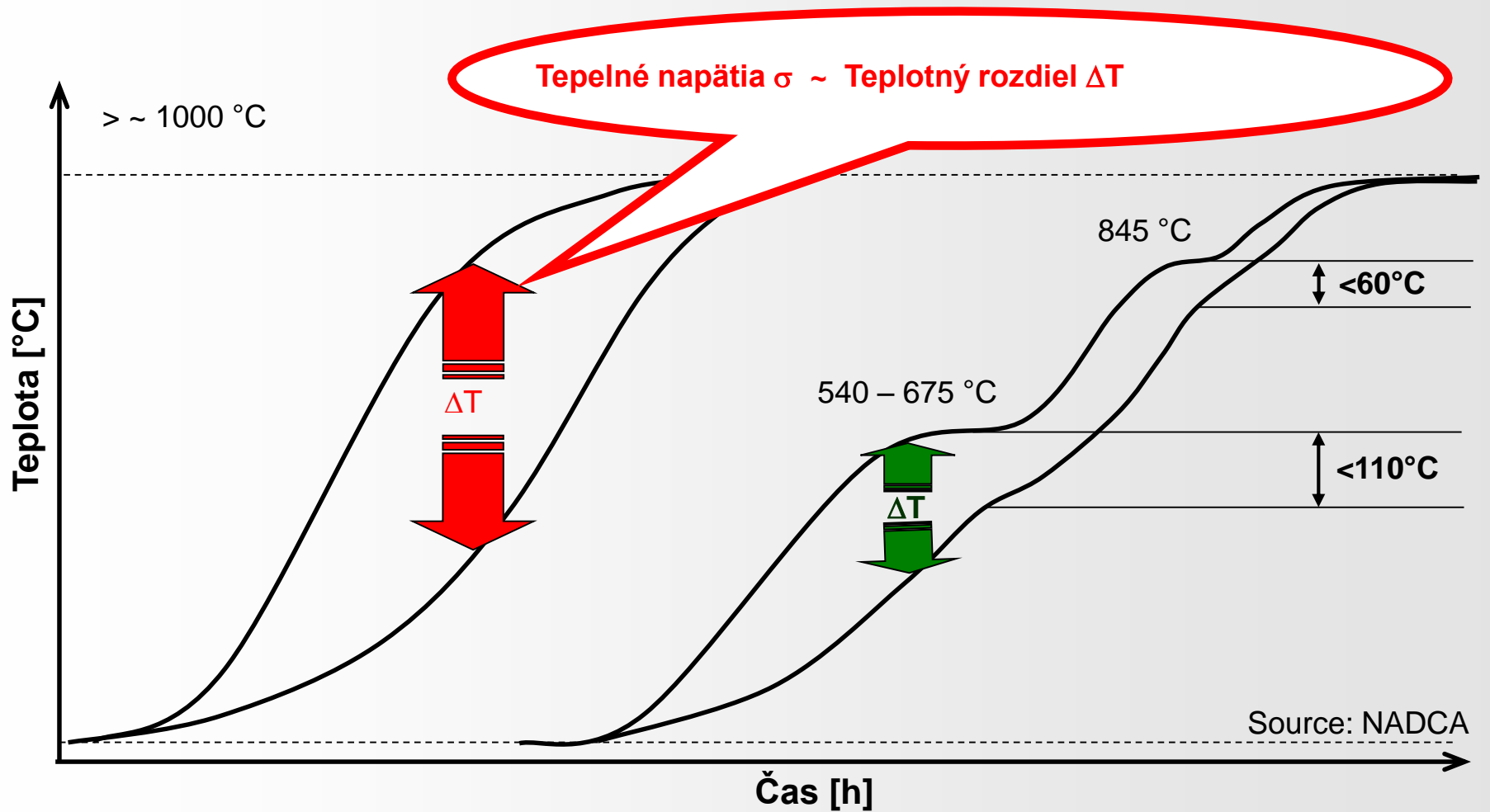


Nové trendy v povrchovej úprave materiálov pre zvýšenie kvality a životnosti nástrojov
Hotel Turiec 19.3.2015

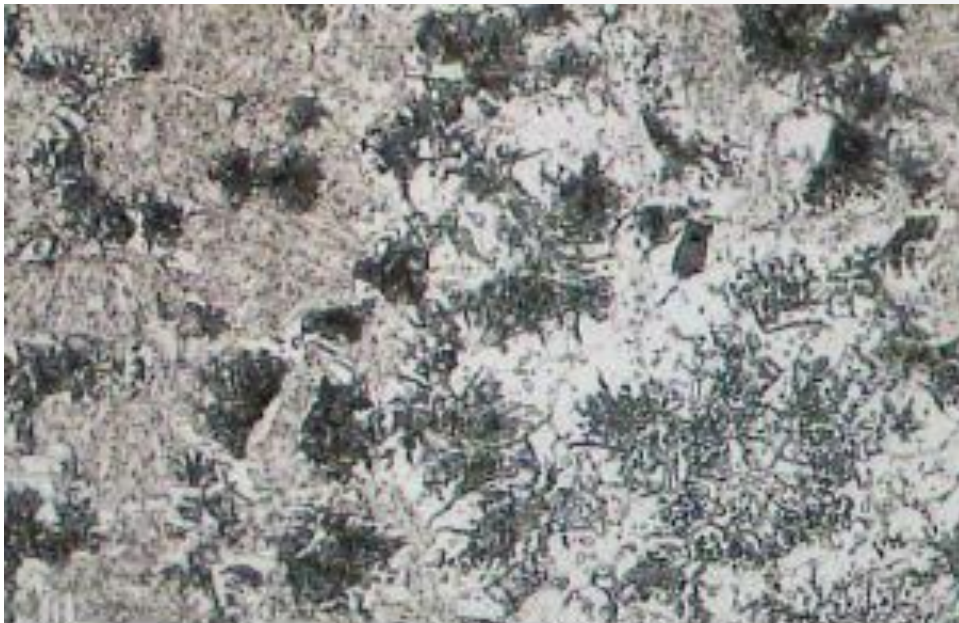
Tepelné spracovanie nástrojových ocelí

Rusnák Rastislav

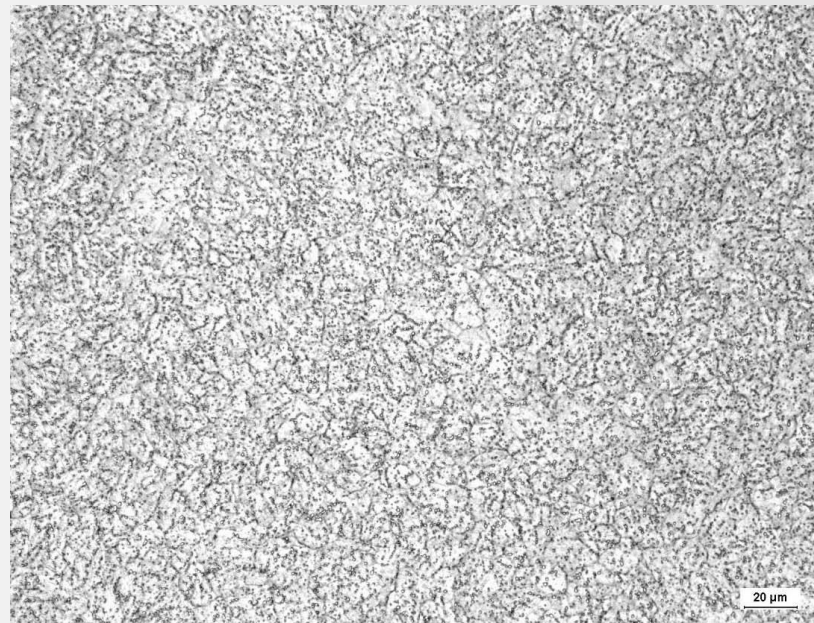
Kalenie - ohrev na austenitizačnú teplotu



Kalenie – austenitizačná teplota

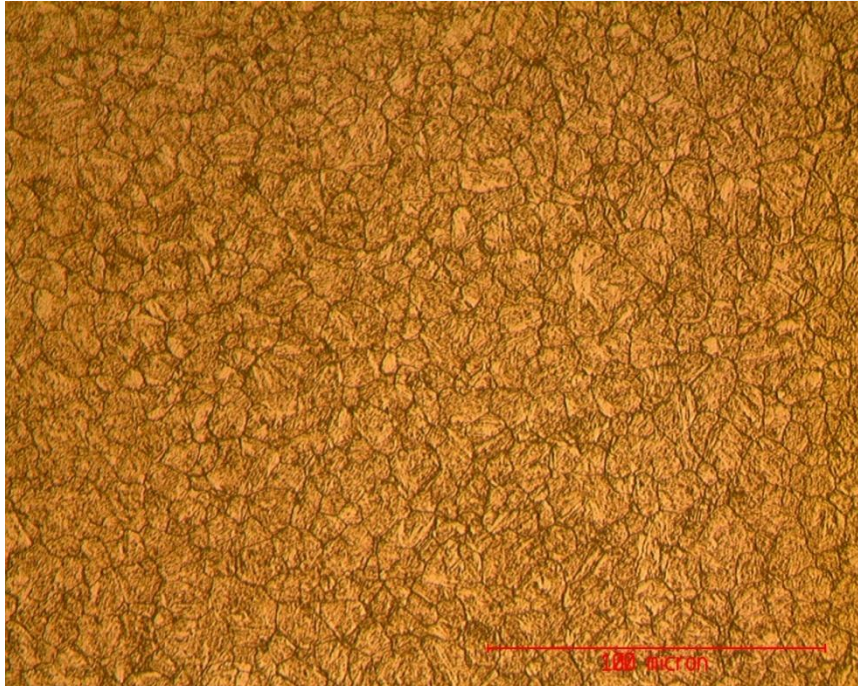


Nízka austenitizačná teplota

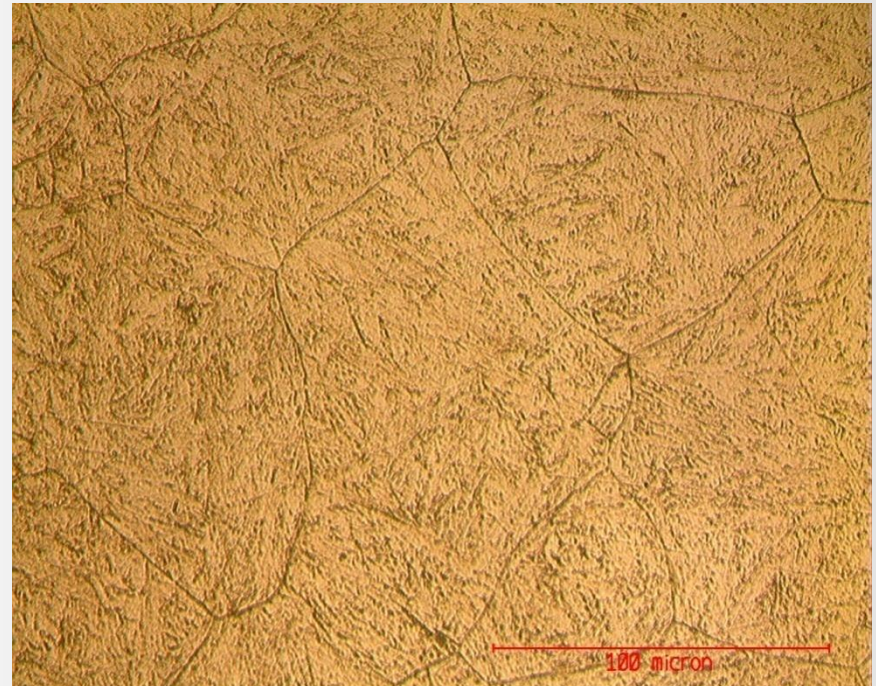


Dievar - nízka austenitizačná teplota

Kalenie – austenitizačná teplota



Správna teplota, výdrž

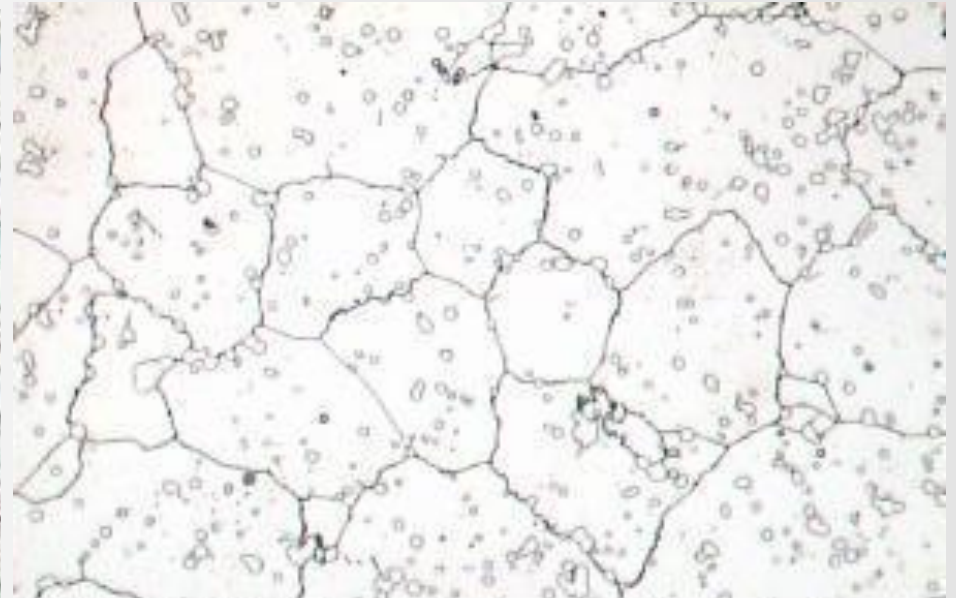


Vysoká teplota

Kalenie – austenitizačná teplota 1.3343

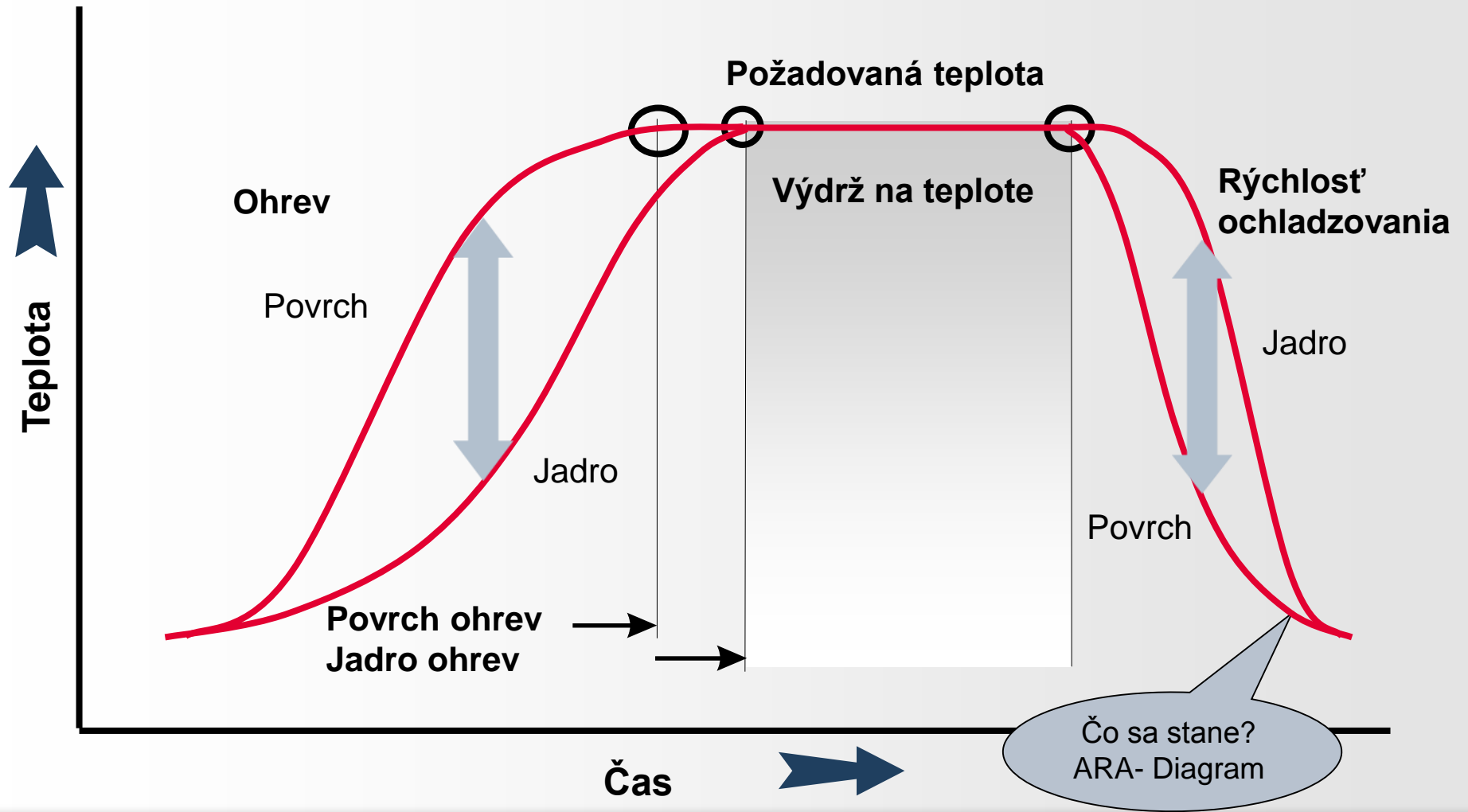


Správna teplota, výdrž

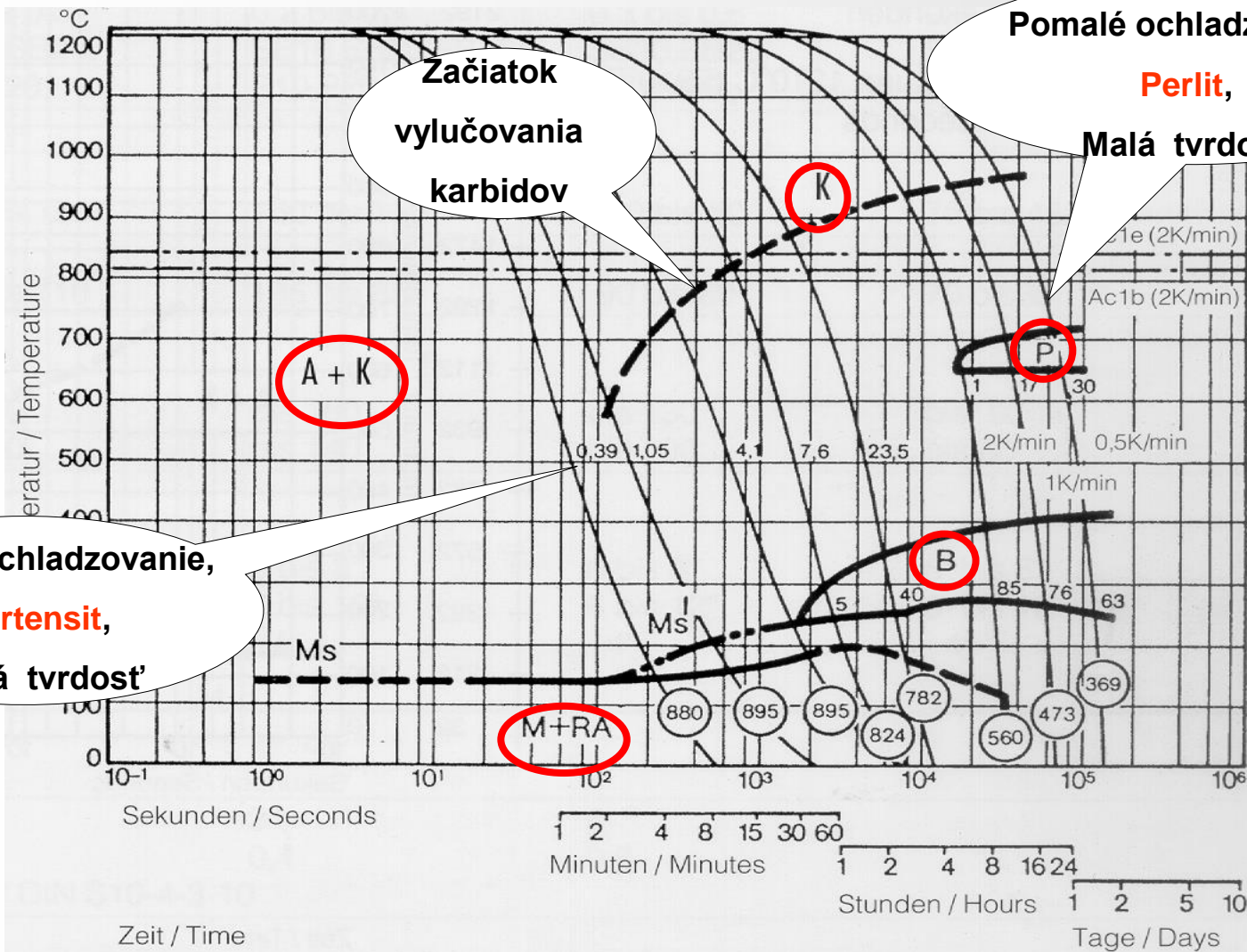


Vysoká teplota, resp. dlhá výdrž na teplote

Ochladzovanie čo sa stane? → ARA Diagram



Kalenie vplyv rýchlosti ochladzovania



Rýchle ochladzovanie,
Martensit,
Veľká tvrdosť

Začiatok
vylučovania
karbidov

Pomalé ochladzovanie

Perlit,

Malá tvrdosť

Štruktúrny
stav

Tvrdosť HV

S 600

Nové trendy v povrchovej úprave materiálov pre zvýšenie kvality a životnosti nástrojov
Hotel Turiec 19.3.2015

Tepelné spracovanie nástrojových ocelí

Rusnák Rastislav

BÖHLER UDDEHOLM



Nové trendy v povrchovej úprave materiálov pre zvýšenie kvality a životnosti nástrojov
Hotel Turiec 19.3.2015

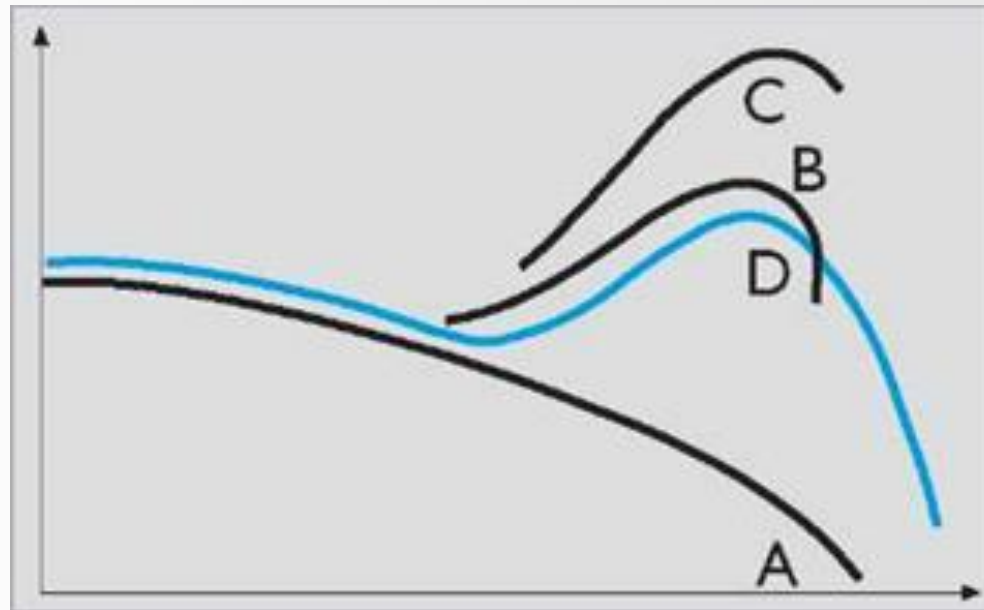
Tepelné spracovanie nástrojových ocelí

Rusnák Rastislav

BÖHLER UDDEHOLM

Popúšťanie nástrojových ocelí

Tvrdosť



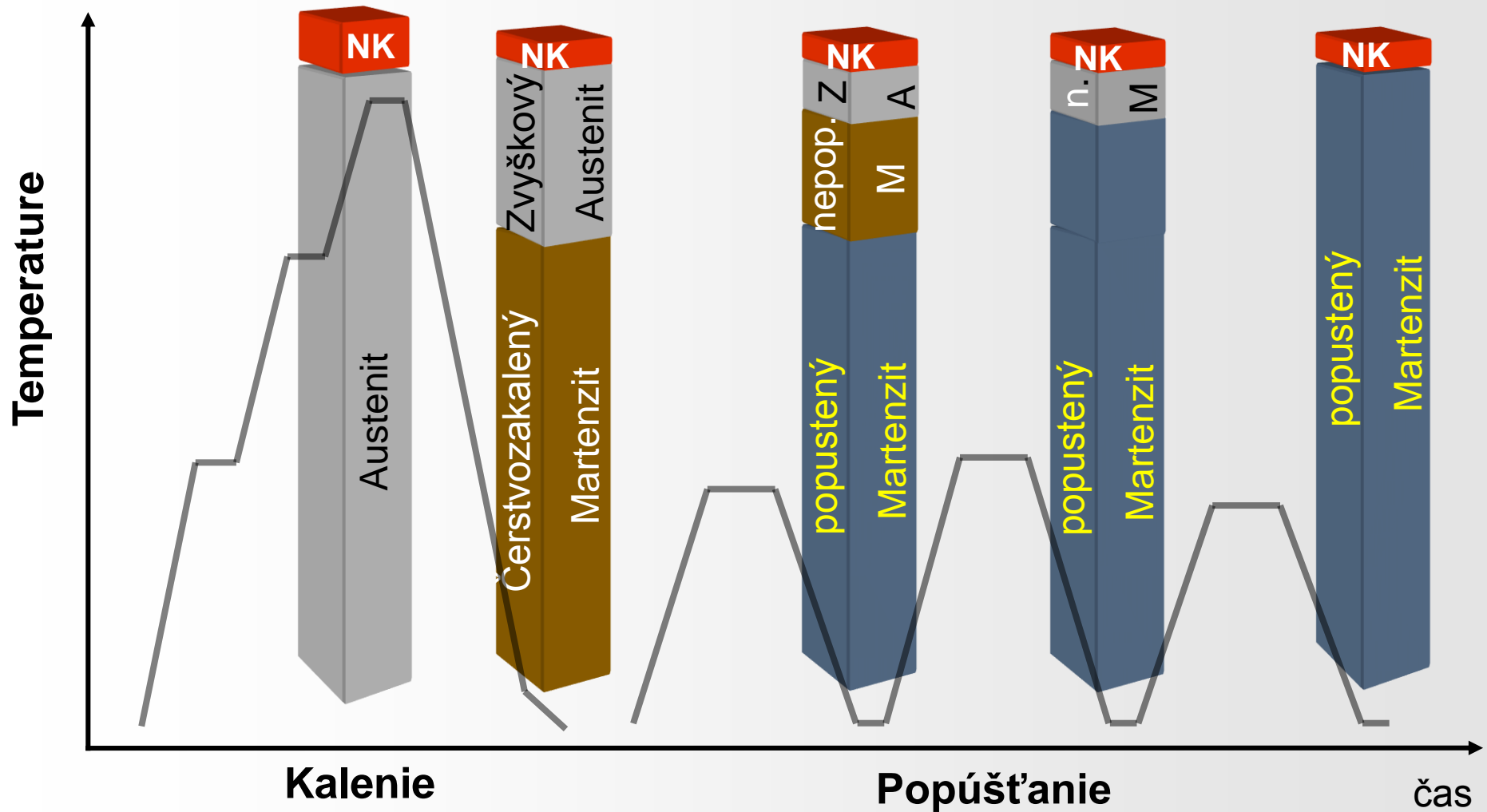
Popúšťacia teplota /°C/

A = Popustenie martenzitu B = precipitácia karbidov

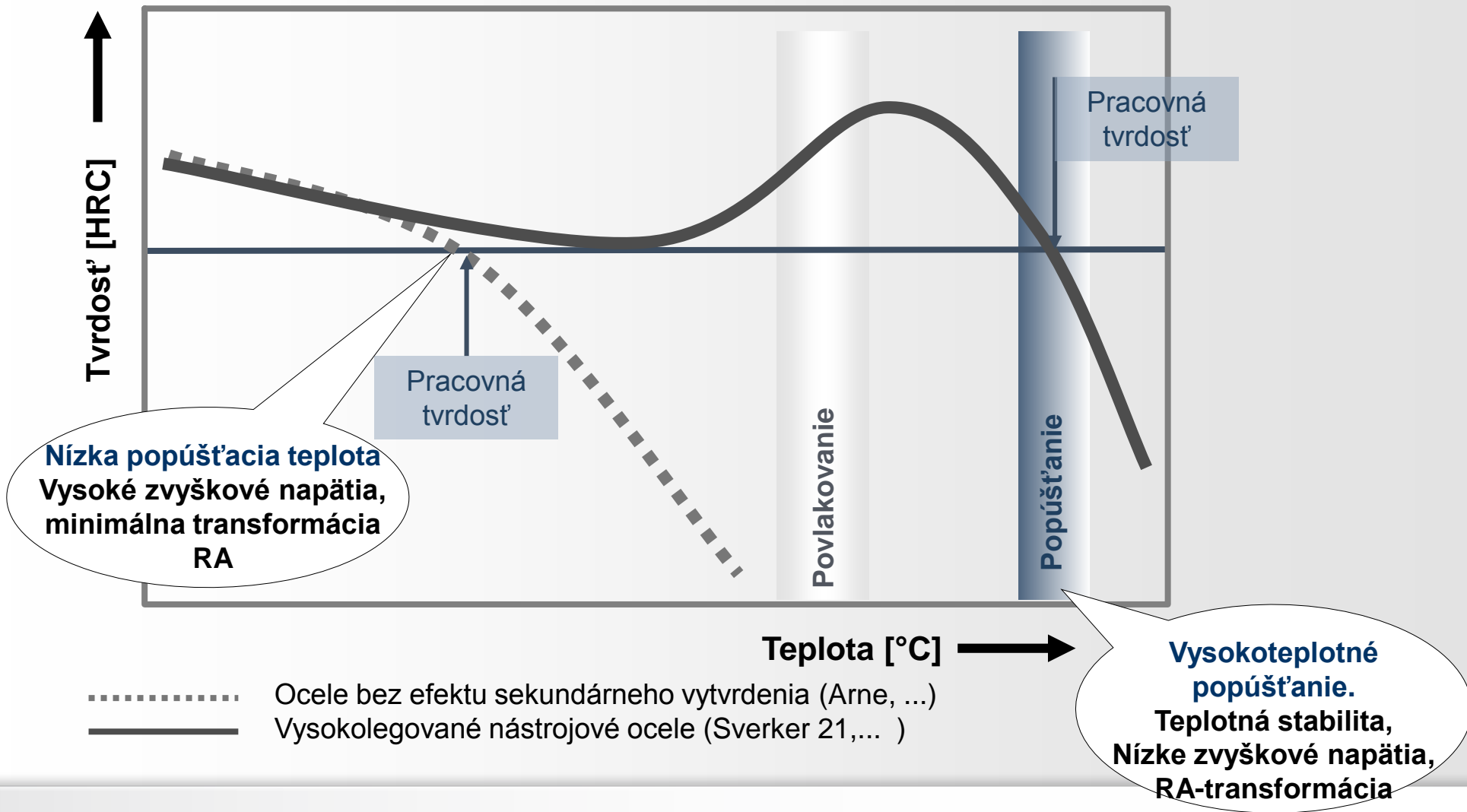
C = transformácia zvyškového austenitu na martenzit

D = popúšťací diagram nástrojových vysoko legovaných ocelí $A+B+C = D$

Popúšťanie nástrojových ocelí s javom sekundárnej tvrdosti



Popúšťacie diagramy nástrojových ocelí



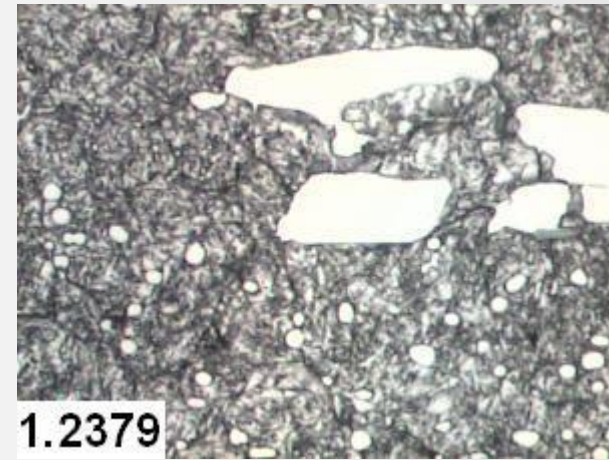
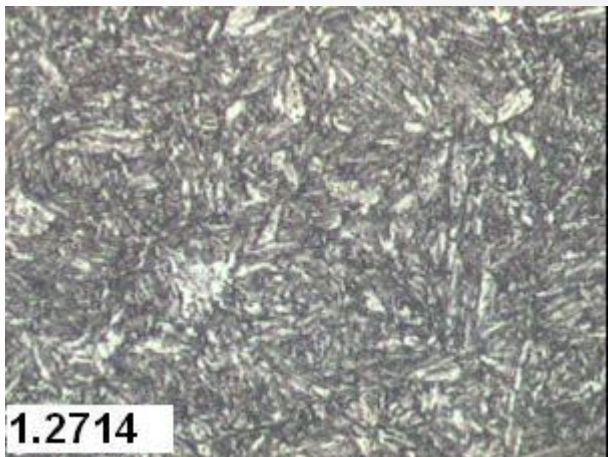
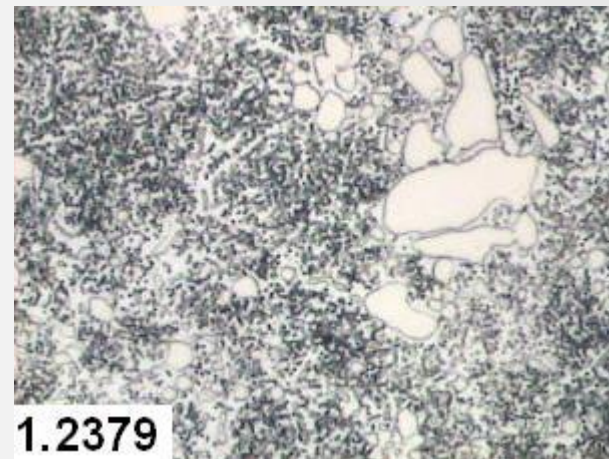
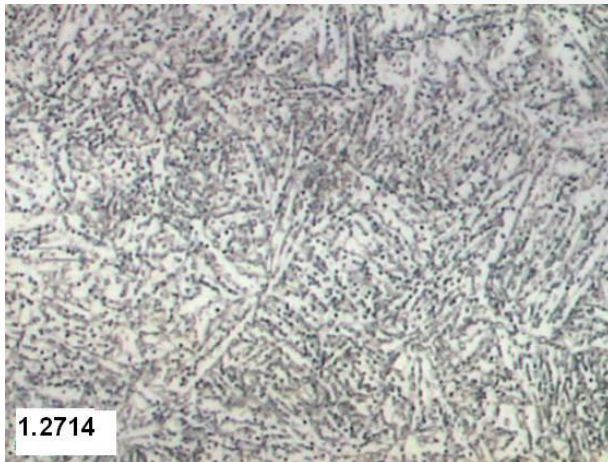
Nové trendy v povrchovej úprave materiálov pre zvýšenie kvality a životnosti nástrojov
Hotel Turiec 19.3.2015

Tepelné spracovanie nástrojových ocelí

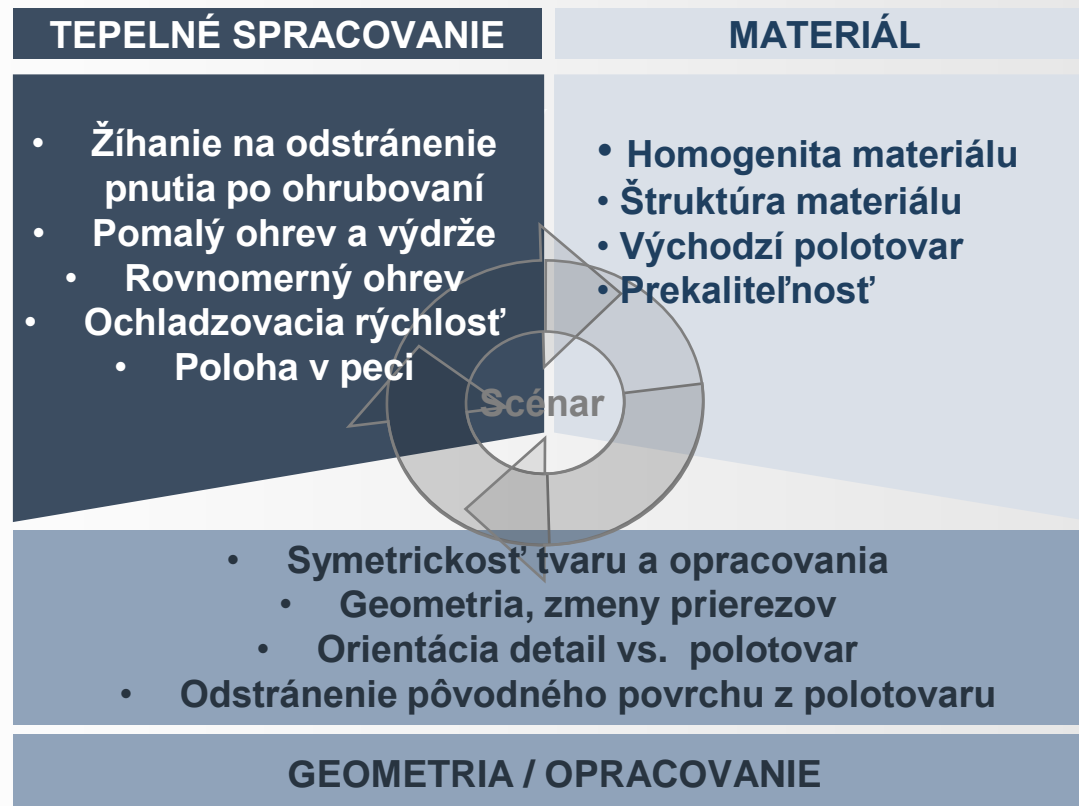
Rusnák Rastislav

BÖHLER UDDEHOLM

Príklady mikroštruktúr pred a po tepelnom spracovaní



Tepelné spracovanie a deformácia



Prevencia:

Vždy je potrebné nechať dostatočný prídavok na opracovanie, aby bolo možné korigovať rozmerové zmeny a deformácie vzniknuté spolupôsobením napätí z teplotného gradientu a transformačných napätí

Tepelné spracovanie a deformácia

Prax: Neexistuje tepelné spracovanie bez rozmerových zmien a deformácií



Požiadavky na tepelné spracovanie:

- Riadením procesu TS minimalizovať rozmerové zmeny a deformáciu
- Predhrubovanie – Tepelné spracovanie – Finálne opracovanie
- Minimálne odporúčané prídavky na opracovanie:

0,3 % Dĺžka, šírka, hrúbka

Zmeny rozmerov

Dievar – Vzorka po 30násobnom prekalení

Ďakujem za pozornosť .

Nové trendy v povrchovej úprave materiálov pre zvýšenie kvality a životnosti nástrojov
Hotel Turiec 19.3.2015

Tepelné spracovanie nástrojových ocelí

Rusnák Rastislav

BÖHLER  **UDDEHOLM**