

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci  
nositelka Řádu práce  
Fakulta strojní  
Obor 23-07-B  
Strojírenská technologie  
zaměření  
Strojírenská metalurgie  
Katedra materiálů a strojírenské metalurgie

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ VISKOPEVNOSTNÍCH NÍZKOLEGOVANÝCH  
OCELI Vhodných PRO KONSTRUKCI RUPNÝCH ORGÁNŮ DOBÝVACÍCH  
STROJŮ ZASAZENÝCH V OBTÍŽNÍCH GEOLOGICKÝCH PODMÍNKÁCH

KMM - 245

Radek Šáfr

Vedoucí diplomové práce : ing. Vendula Štefanová,  
VŠST Liberec

Konzultant : ing. Vocel CSc, SVÚM Praha

Rozsah práce a příloh

Počet stran : 42  
Počet tabulek : 6  
Počet obrázků : 22  
Počet příloh : 9  
Počet výkresů :

11. května 1987

strojní a textilní  
Vysoká škola: v. Liberci..... Fakulta: ..... strojní  
Katedra: materiálu a strojírenské ..... Školní rok: ..... 1986/87  
metalurgie

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro ..... Radek Š Á F R  
obor ..... strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Tepelné zpracování vysokopevnostních nízkolegovaných ocelí vhodných pro konstrukci rypných orgánů dobývacích strojů zasazených v obtížných geologických podmínkách

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s mechanickou zemíní a s tepelným zpracováním ocelí používaných na součásti dobývacích strojů
2. Navrhněte vhodný způsob tepelného zpracování vývojové oceli VP7
3. Proveďte experimenty a zhodnoťte výsledky

V. 182/87-5

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
Ústřední knihovna  
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8  
PSČ 461 17

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: asi 50 stran

Seznam odborné literatury:

- /1/ JANÍČEK, J.: Stav a směr vývoje rypných orgánů kolesových rypadel s ohledem na práci ve velmi těžkých podmínkách. Výzkumná zpráva, Most 1984.
- /2/ HAVRÁNEK, J.: Stroje a zařízení pro povrchové dobývání uhlí. Praha 1967
- /3/ VOCEL, M., DUFEK, J.: Tření a opotřebení strojních součástí. Praha 1976.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Vendula Štefanová

Konzultant :

Ing. M. Vocel, CSc /SVÚM Praha/

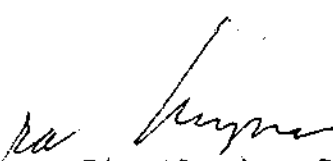
Datum zadání diplomové práce:

15.9.1986

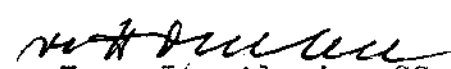
Termín odevzdání diplomové práce:

11.5.1987

L.S.

  
Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc

Vedoucí katedry

  
Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc

Děkan

Liberci

10.9.

86

V

dne

19

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci  
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury

Most Radek ŠÁBR

*R. Šábr*

Tímto chci poděkovat soudruhu ing. J. Gaerttnerovi za organizační a stylistickou úpravu diplomové práce a soudruhům D.t. J. Janíčkoví a ing. M. Vocelovi CSc za odborné vedení při řešení daného úkolu a za umožnění práce na přístrojovém zařízení ve SVÚM Praha.

## OBSAH

### 1. Úvod

### 2. Rešeržní část

#### 2.1. Rozdělení zemín

##### 2.1.1. Rozdělení hornin dle pracnosti rozpojování

#### 2.2. Teorie rozpojení

#### 2.3. Abrasivní opotřebení jednotlivých druhů ocelí a jejich vyhodnocení

##### 2.3.1. Vliv tvrdosti abraziva na opotřebení

##### 2.3.2. Vyhodnocení abrasivního opotřebení jednotlivých typů ocelí

##### 2.3.3. Ukázka abrasivního opotřebení metodou čtvercových sítí na zubech /pomocí ocelového drátu/

#### 2.4. Požadované vlastnosti na zuby a jejich tvary používané na rypadlech

##### 2.4.1. Ocel dříve vyráběná v ZJF Chomutov dle DIN 1700

##### 2.4.2. Ocel vyráběná ve Vítkovicích - VN42=727

##### 2.4.3. Ocel VP7 - výrobce k.p. Uničov /dříve ZJF/

##### 2.4.3.1. Technologický předpis tepelného zpracování

##### 2.4.3.2. Zpráva o provozním tepelném zpracování vsazovaných zubů z oceli VP7

##### 2.4.3.3. Posouzení vlivu tepelného zpracování na mechanické a strukturní vlastnosti materialu VP7

##### 2.4.3.4. Popis struktur jednotlivých vzorků

##### 2.4.3.5. Shrnutí

### 3. Experimentální část

#### 3.1. Ocel VPH - návrh tepelného zpracování

##### 3.1.1. Určení optimálních teplot pro žíhání na měkko

3.1.2. Určení normalizačních teplot

3.1.3. Určení kalících teplot

3.1.4. Určení popouštěcích teplot

4. Diskuse

5. Závěr

6. Použitá literatura

7. Seznam příloh

## 1. ÚVOD

Energetický průmysl v naší republice je z největší části závislý na dobývání černého a hlavně hnědého uhlí. A abychom ho získali co nejlevněji, je nutné velmi rychle zavádět do praxe nejnovější poznatky vědy.

Rozvoj strojírenské technologie a materiálového inženýrství má velký vliv na volbu materiálů používaných v hornictví. Zavedením nových materiálů používaných při povrchovém dobývání přináší velké finanční úspory. Dosahují se použitím progresivních, kvalitativně lepších způsobů tepelného zpracování, které mají vyšší ekonomickou efektivnost při získání lepších mechanických vlastností.

V severočeském hnědouhelném revíru postupují těžební organizace do složitých geologických podmínek. Tvrdé polohy ve formě proplátek, čoček o pevnosti až 120 MPa a tvrdosti 1000 HV, tvoří sice procentuelně zanedbatelnou část nadloží, avšak vyskytují se prakticky ve všech řezech, proto je třeba při konstrukci vycházet z podmínky universálnosti řešení zubů a korečků. V některých případech se v průběhu práce stroje vystřídá několik typů hornin s odlišnými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi.

Týká se to hlavně rypadel řady TC2 a TC3 a to nejen co do výkonových parametrů, ale též výrazně ovlivňují životnost některých valů strojů. Perspektivně se připravuje těžba ve velmi složitých podmínkách nasazením TC4 s výkonem 20.000 m<sup>3</sup> za hodinu.

Pokud jde o charakteristiku těžných hornin, lze říci, že s postupem lomů ke svahům Krušných hor stále výrazněji se projevuje vliv tvrdých nehomogenit a podíl silně abrasivních hornin. To vede hlavně k nadměrnému opotřebení otěrem.



V první řadě jde o elementy, které jsou vystaveny účinkům rypných sil bez tlumení, a to jsou rypné orgány. Při nárazu zubů na pevné horniny vzniká opotřebení břitů vysokým specifickým tlakem, při kterém dojde v první fázi k deformaci ostří rozpěchováním, v druhé fázi k následnému obroušení otřepu. Výsledek jejich konstrukčního a materiálového řešení je třeba vidět v únosné spotřebě oceli, četnosti poruch a času nutného k výměně.

Opotřebení strojních součástí způsobuje tedy nejen velké a nenávratné ztráty kovové substance, ale i nenávratně ztracenou energii potřebnou jak na výrobu kovů, tak i na výrobu součástí a jejich opravy či renovaci.

Hlavně tedy z hlediska ekonomického je nutné vyvinout, odzkoušet a rychle přenést do praxe progresivní materiály na rypné orgány s využitím nejznámějších poznatků, jak u nás, tak v zahraničí a také v nemalé míře rozšířit výrobní možnosti, neboť celková roční spotřeba zubů v obou hnědouhelových revírech pro příští pětiletku je cca 1.000 t.

Cílem diplomové práce je navržení tepelného zpracování nové oceli VPH, jenž se má používat na zuby rypadel pracujících ve složitých geologických podmínkách. Mechanické vlastnosti po tepelném zpracování mají mít lepší hodnoty než dosud používaná ocel VP7.

## 2. REŠERŽNÍ ČÁST

### 2.1. Rozdělení zemin /5/,/6/

Podle vzniku dělíme všechny horniny na tři velké skupiny :

- horniny vyvřelé (eruptivní)
- usazené (sedimentární)
- přeměněné (metamorfované)

Z těchto tří skupin zajímají nás horniny usazené, mezi něž zeminy náležejí. Sedimenty rozdělujeme na tři nižší skupiny :

1. úlomkovité (klastické) - sypké a stmelené
2. chemické (krystalické)
3. organogenní

#### Klastické sedimenty

vznikly jak známo zvětřením pevných hornin, přenášením těchto zvětralín vodou, větrem, ledovci a opětným usazením. Ke klastickým sedimentům patří : štěrky, písky, hlinité písky, hlíny, jíly, spraše a slíny. Mezi zpevněné úlomkovité usazeniny zahrnujeme : pískovce, jílovce, slepence, brekcie a ostatní stmelené horniny.

#### Chemické sedimenty

vytvořily se vyloučením z roztoků vodních a mají často krystalickou strukturu. Patří sem různé druhy vápenců, sádrovce, aukydrit, kamenná sůl a jiné lehce rozpustné soli.

#### Organogenní sedimenty

jsou zbytky živočišných a rostlinných organismů. Sem náleží některé vápence, křemité sedimenty (křemelín apod.), rašeliny, soprapelity.

Klastické sedimenty se mezi sebou liší jednak velikostí a tvarem úlomků, jednak způsobem jakým jsou spojeny.

Podle velikosti rozlišujeme :

Pelity - klastické sedimenty se zrnem menším než 0,02 mm  
hlíny, jíly

Psamnity - jemnozrnné sedimenty se zrnem 0,02 až 2 mm  
písky

Psefity - hrubozrnné sedimenty o zrau větším než 2 mm.

### 2.1.1. Rozdělení hornin podle pracnosti rozpojování

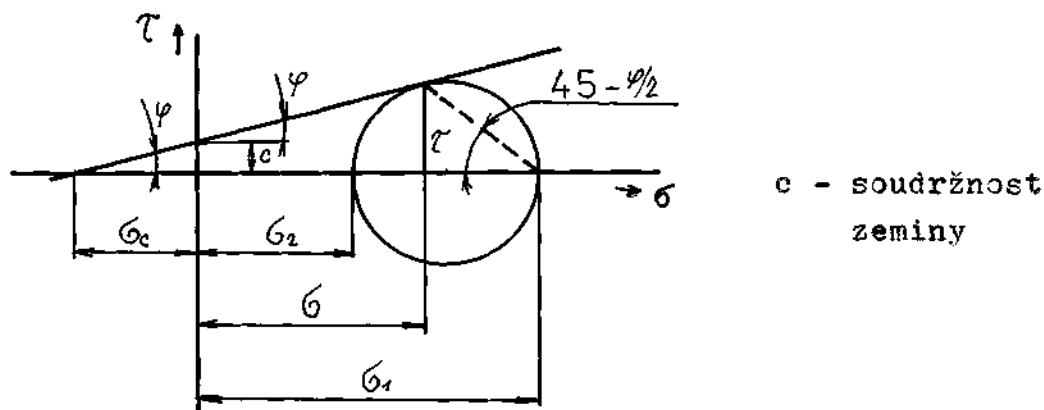
Skupina	Charakteristika horniny	Druh horniny
I	polosoudržné horniny, které lze dobývat rypadly přímo	písek, hlíny, spraše, jíly, slíny, zemité a rozrušené uhlí
II	poloskalní horniny pomocí střelných prací	zmrzlé zeminy, jílovce, argility, hlinité pískovce
III	skaliny s použitím trhavin	pískovce, vápence, dolomity, vyvěřelé horniny

Stavba moderních velkostrojů, automatické ovládání vrtných souprav a automatické ovládání velkstroje vyžadují, aby odpor, který hornina klade rozpojení, byl vyjádřen objektivně podle mechanických a fyzikálních vlastností hornin a podle způsobu porušení při rozpojení.

### 2.2. Teorie rozpojení /6/

Podle druhu vazeb mezi částicemi a chování zemin při jejich porušení rozlišuje mechanika zemin horniny sypké a soudržné. Rozpojovací proces přichází v úvahu jen u soudržných hornin. Pro posouzení procesů, které nastávají při rozpojování, je rozhodující tzv. mezní stav horniny, charakterizovaný meznou délkou v Mohrově kružnici napětí, viz obr. 2.2.1.

U soudržných zemin /jíly, hlíny, slíny apod./ tvoří meznou obálku pro určitý rozsah normálního napětí dvě přímky svírající s osou normálních napětí  $\sigma$  úhel  $\varphi$ , který je úhlem vnitřního tření.



Obr. 2.2.1. Mohrova kružnice pro soudržné zeminy

Soudržnost  $c$  můžeme definovat jako smykovou pevnost soudržné zeminy při normálním zatížení rovném nule. Tuto smykovou pevnost bude nutno při rozpojování překonat.

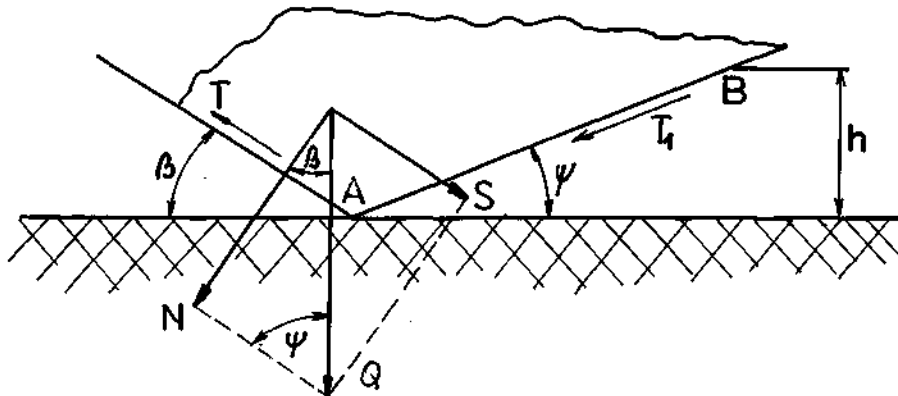
Při rozpojování zemin za předpokladu, že k jejímu porušení dochází smykem, musíme vyvolat v zemině minimální hodnotu smykového napětí, danou vztahem :

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c \quad (2.2.1.)$$

Objektivními hledisky, na nichž závisí velikost rypného odporu je jejich soudržnost a úhel vnitřního tření, tj. smyková pevnost. Dále jsou jimi pevnost v tlaku a v prostém tahu. Jimi jsou pak předurčeny jevy, které vznikají jednak při rozpojování zeminy a nabírání do lopaty nebo korečku, viz obr. 2.2.2.

Zakladatelem těchto výzkumů byl V.P.Gorjačkin. Váha odřezané zeminy  $Q$ , která připadá na jednotku délky nože, přináší na pracovní plochu nože a na plochu smykovou. Tuto váhu

lze podle Gorjačkina rozložit ve dně složky, na složku N kolmou na nůž a složku S kolmou na smykovou plochu.



Obr. 2.2.2. Silové poměry na noži u V.P.Gorjačkina

$$S = \frac{Q \cdot \sin \beta}{\sin(\beta + \psi)}, \quad N = \frac{Q \cdot \sin \psi}{\sin[180^\circ - (\beta + \psi)]} = \frac{Q \cdot \sin \psi}{\sin(\beta + \psi)} \quad (2.2.2.)$$

Kolmý tlak na nůž vyvolává tření, jehož velikost je :

$$T = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \quad (2.2.3.)$$

$\varphi_1$  ... úhel tření zeminy o nůž

Odpor proti pohybu nože bude :

$$P_t = Q \frac{\sin \psi \sin(\varphi_1 + \beta)}{\cos \varphi_1 \sin(\beta + \psi)} \quad (2.2.4.)$$

Na ploše AB nastane usmyknutí. Pro rovnováhu na mezi porušení platí známý vztah :

$$T_1 = S \cdot \operatorname{tg} \psi + c \overline{AB} \quad (2.2.5.)$$

$c$  ... soudržnost v  $\text{kg}/\text{cm}^2$

$\psi$  ... úhel vnitřního tření

Řezný odpor bude :

$$P_r = Q \frac{\sin \beta \sin(\varphi + \psi)}{\cos \varphi \sin(\beta + \psi)} + c \cdot b \cdot h \cdot \operatorname{cotg} \psi \quad (2.2.6.)$$

Celkový odpor rýpaní je :

$$P = P_t + P_r \quad (2.2.7.)$$

Proti uvedenému řešení nelze mít námitek, pokud jde o první část, tj. o odpor vyvolaný třením. Závažný nedostatek je obsažen ve druhé části řešení, kde se nepřihlédlo k reakci zeminy podél smykové plochy, ale uvažovala se jen soudržnost. K tomu je ještě třeba dodat, že smyková plocha, podél níž se zemina poruší, není rovná, ale křivá. Proto hodnoty vypočtené podle uvedených vzorců nevykazují s hodnotami naměřenými na rypadlech a liší se od nich asi o 50%.

Dombrovskij po postupném prostudování všech vztahů ukázal, že Gorjačkinův vzorec pro výpočet odporu při rýpání lze zjednodušit na tvar :

$$P = k \cdot b \cdot h \quad (2.2.8.)$$

$b, h$  ... rozměry třísky

$k$  ... měrný odpor rýpání

Dále mechanismem rozpojení se zabýval Kuhn, Golgovski a též prof. Limberk.

I když tato metoda je zastaralá, nepřesná a v praxi se vůbec nepoužívá, je zde na ní předveden celý problém rozpojování zemin.

V dnešní době je celkový odpor rýpání dán universálním empirickým vzorcem používaným ve všech zemích RVHP.

### 2.3. Abrazivní opotřebení jednotlivých druhů ocelí a jejich vyhodnocení /3/

Opotřebení můžeme definovat jako nežádoucí změnu povrchu nebo rozměrů tuhých těles, specificky způsobenou buď vzájemným působením funkčních povrchů nebo funkčního povrchu a média, které opotřebení vyvolává. Projevuje se jako odstraňování nebo přemisťování částic hmoty a funkčního povrchu me-

chanickými účinky. Opotřebení je definováno v ČSN 15050. Dle této normy rozdělujeme opotřebení na pět základních druhů a to : adhezivní, erozivní, kavitační, únavové a vibrační.

Opotřebení je důsledkem vzájemného působení pohybujících se funkčních povrchů, resp. povrchů a působícího média. Zkoumání příčin opotřebení je obvykle záležitostí velmi složitou.

Při těžbě a zpracování nerostných surovin se často i klimatické podmínky mohou výrazně promítat do intenzity opotřebení exponovaných částí strojů. Ze zkušenosti je známo, že např. rypné odpory u rypadel jsou značně závislé na venkovní teplotě léto - zima, event. jsou ovlivněny i vlhkostí dešť, sněh.

Při použití rypných orgánů jsou hlavními opotřebeními adhezivní, více abrazivní. Velmi častý případ je kombinované abrazivní a adhezivní opotřebení, ke kterému dochází při práci kluzných uložení určitého prostředí. Úvahy o metodách zvyšování odolnosti strojních součástí proti opotřebení částicemi musí vycházet z tzv. mezního opotřebení. Tono dosáhne daná součást nebo stroj v okamžiku, kdy již nemůže plnit svou předpokládanou funkci nebo při výrazném zhoršení technického provozního a ekonomického parametru. Ve SVÚM Praha se proto systematicky hodnotila v průběhu posledních let odolnost materiálů proti abrazivnímu a erozivnímu opotřebení na laboratorních zařízeních.

### 2.3.1. Vliv tvrdosti abraziva na opotřebení

Zavedl se pojem tzv. poměrné odolnosti proti opotřebení, který lze definovat výrazem :

$$\psi = \frac{W_i \text{ etalonu}}{W_i \text{ vzorku}} \cdot \frac{W_h \text{ et}}{W_h \text{ vz}} \cdot \frac{\rho \text{ vz}}{\rho \text{ et}} = \frac{W_o \text{ et}}{W_o \text{ vz}} \quad (2.3.1.)$$

$W_h$  et ... hmotnostní otěr etalonu

$W_h$  vz ... hmotnostní otěr vzorku

$\rho$  et ... měrná hmotnost etalonu

$\rho$  vz ... měrná hmotnost vzorku

Poměrná odolnost proti abrazivnímu opotřebení závisí na poměru tvrdosti abrazivních částic a tvrdosti opotřebovaného materiálu za dodržení podmínky, že porovnáme mikrotvrdot obou materiálů stejnou metodou. Hodnota  $\frac{1}{\psi}$  je definována jako poměrné opotřebení vzorku vzhledem k etalonu.

Pro abrazivní opotřebení kovů je užíván též zjednodušený vztah :

$$W_o = k \cdot \frac{F \cdot l}{H} \quad (2.3.2.)$$

$W_o$  ... objem otěru

$F$  ... třecí síla

$l$  ... dráha

$k$  ... koeficient

$H$  ... tvrdost materiálu

Je tedy patrné, že snížení opotřebení cestou materiálového řešení je užitečné u ocelí vysoké pevnosti a tvrdosti. Při laboratorním stanovení koeficientu  $k$  je třeba vycházet nejen z podmínek zkoušek dané konstrukcí přístrojů, ale také vlivem vzájemných tvrdostí abraziva a zkoušeného kovu, velikostí abrazivního zrna, mineralogických vlastností abraziva, tvaru abrazivních zrn, vlivem chemického složení a struktury kovů proti abrazivnímu opotřebení.

Pro hodnocení abrazivnosti nadloží v provozním měřítku zatím vhodná metodika není.



## 2.3.2. Vyhodnocení abrazivního opotřebení jednotlivých

### typů ocelí

Pro objektivní hodnocení spolupráce SHD a Vítkovice, SVÚM Praha, zkoušky zubů klínovitého zesíleného provedení z materiálu

VN 428727 - Vítkovice

MnV - Vítkovice / zvýšený obsah V/

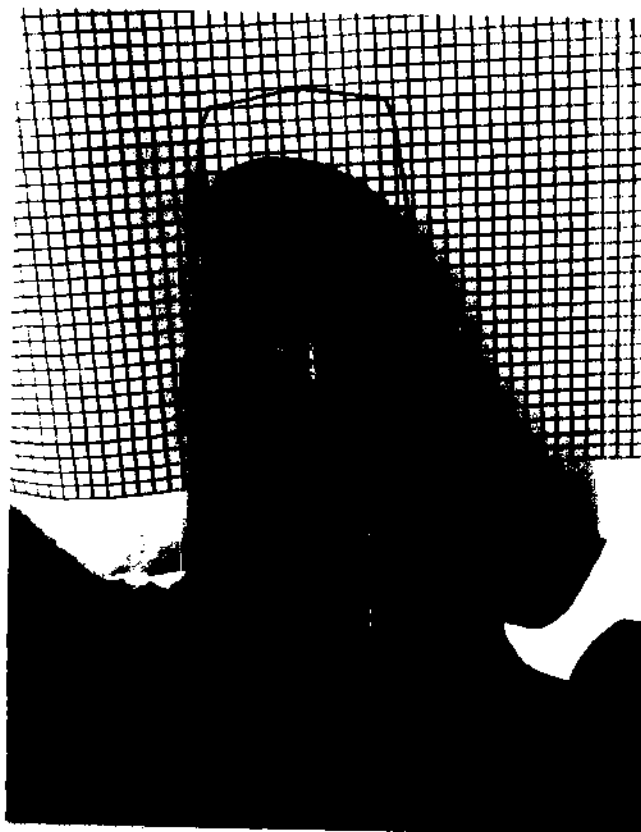
VP7, VP10 - SVÚM

Předběžné podklady : velmi silná abraze

	úbytek hmot. v %
1. VP 7	13,1
2. 428727	13,3
3. VP 10	15,1
4. MnV	16,7

Zkušební metody :

1. zkoušky abraze minerálními částicemi buď ve formě hydroabrazní směsi nebo fixovanými na podložce
2. zkoušky eroze minerálními částicemi
3. metodou čtvercové sítě.



#### 2.4. Požadované vlastnosti na zuby a jejich tvary používané na rypadlech /7/, /8/, /9/

V ČSSR se již řadu let používají na hnědouhelných povrchových dolech unifikované kopinaté zuby, vyráběné z různých typů ocelí o velké a střední pevnosti /800 a 1.000; 1.200 až 1.500 MPa/. Kopinaté zuby nahradily z větší části dříve používané zuby klínového tvaru. Problémem je potřebná pevnost a odolnost proti lomům v upevňovací části, jednak dostatečná životnost břitové části, která rozhoduje o vlastní životnosti zubů.

Dva hlavní problémy zubů velkorypadel :

- jde o dostatečnou pevnost zubů
- o dostatečnou životnost břitové části zubů při těžbě

Při těžbě v proplástcích dochází k nadměrnému lámání zubů, při těžbě v píscích a štěrkopíscích se průměrná životnost zubů /500.000 až 600.000 m<sup>3</sup> vytěžené zeminy/ např. u velkorypadel KU 800 snižuje na 1/4 až 1/2 původní hodnoty.

Břítová část by měla mít pevnost v rozmezí 1.700 - 1.900 MPa. Nosná část v rozmezí 1.100 + 1.300 MPa. Pro silnou abrazi. Pro práci v proplástečích by měly být použity zuby, jejichž nosná část by měla mít houževnatost v rozmezí 50 - 100 Jcm<sup>-2</sup> a břitová část pevnost v rozmezí 1.300 - 1.500 MPa.

Vzhledem k roztržitosti výroby rypadlových zubů /Uničov, Vítkovice, ZJF Chomutov/ považujeme za nutné soustředit výrobu nejlépe do koncernu Vítkovice a kvalitním tepelným zpracováním plně využít vlastností nízkolegovaných ocelí a zajistit tak výrobu pro oba hnědouhelné revíry. Pokud jde o vývoj nových tvarů, jsou ve stádiu zkoušek dvojdílné zuby pro stroje KU 800, kde na houževnatém nosiči je zkoušena tvrdá korunka a rohové břity pro práci ve velmi abrazivních prostředích.

#### 2.4.1. Ocel dříve vyráběná v ZJF Chomutov dle DIN 1700

jako GS-42CrMo4 nízkolegovaná vysokopevnostní o složení :

C /0,38+0,45%/; Si /0,3+0,5%/; Mn /0,5+0,8%/; P /0,035% max/;  
S /0,035% max/; Cr /0,8+1,2%/; Mo /0,2+0,3%/

Pevnost - tloušťka odlitků do 30 cm - 750+1.200 MPa

nad 30 cm - 700+900 MPa

Zuby v provedení 2671 na KU 300, KU 800, KU 10.000, SRs 1.500 výhodné kopinaté uspořádání zubů.

Zpracování této oceli vyžaduje přesné dodržování technologických postupů ve výrobě. Zuby jsou u výrobce tříděny dle tvrdosti a barevně označeny. Do provozů přichází bez označení - záměna - časté poruchy.

Z provozu - je tato ocel vhodná pro jílovitá nadloží bez abrazivních vlastností.

Její výroba byla zastavena a v současné době je místo ní propagovaná ocel z Vítkovic vyráběná podle označení VN428727.

Zuby svou náchylností k lámání při vyšší pevnosti  $\sigma > 100$  MPa jsou nevhodné pro rypadla KU 800 a ŠRS 1500 nasažené v podmínkách výskytu pevného horizontu, kde obvykle dochází ke kumulaci rypné síly na jeden zub, což při jmenovité obvodové síle uvedených strojů vyvolá v dřívku zubů ohybné napětí mezi 950 + 1050 MPa.

Přepočteme-li účinek rázu a možnost přípustného přetížení až do 1,5 násobku jmenovité síly, pak je zřejmé, že dimenze dřívku zubů počítá s vyššími pevnostními parametry, které nelze v oceli GS42CrMo4 spolehlivě dosáhnout.

#### 2.4.2. Ocel vyráběná ve Vítkovicích - VN428727

-  $\sigma_{ps}$  až 1650 MPa používaná na K 10.000, kdy se rychle střídají horniny rozdílné pevnosti a abrazivnosti. Původní zuby o profilu břítu 89x60 cm /břitová část 1.300 MPa, v břítu 980 MPa/ vykazovaly v nehomogenním složení lamely značný podíl zlomů - snížení životnosti.

Nový zub vykazuje za jmenovitých zatěžovacích podmínek napětí o 30% menší /1.030 MPa oproti 1.460 MPa/ - zvýšení pevnosti břítů.

- chemické složení : C 0,44%; Mn 1,44%; Si 0,51%; Cr 0,67%;  
Cu 0,05%; Ni 0,04%; Mo 0,28%; Zr 0,09%

- či speciální MnV litina

též pro K 10.000

- chemické složení : C /2,0+2,6%/; Mn /11+13%/; V /5,0+8%/;  
Si 1,2%; Cr 1,99%; Mo 0,36%; Zr 0,07%;  
B 0,003%

$\sigma_0 = 1.000$  MPa

Provozní výsledky :

- nezesílené zuby - dosaženo 11,483 mil  $m^3$  a jednou sadou zubů

bylo vytěženo 727.000 m<sup>3</sup>. Hmotnost spotřebovaných zubů na 1 mil m<sup>3</sup> - 530 kg v ceně 95.000 Kčs.

- zesílené zuby - vytěženo 10,01 mil m<sup>3</sup>, 1 sada - 1,07 mil m<sup>3</sup>:  
Hmotnost spotřebovaných zubů na 1 mil m<sup>3</sup> - 4.180 kg v ceně 177.000 Kčs.

Z pohledu dosažené výkonnosti, spotřeby oceli a nižších časů výměny, provoz se zesílenými zuby je výhodnější, ale o to více nákladný. Zřejmě špatný výrobní postup.

Použití oceli VN428727 by situaci částečně zlepšilo, ale je třeba urychleně vypracovat pro stávající typ bandáže takové zuby se změněným vetknutím, které by zajistilo snížení napětí na hodnotu 500 MPa /vztaženo k celé plné složce obvod. síly/.

Zesílené zuby K 10.000, u kterých bylo sníženo ohybové napětí z 970 MPa na 680 MPa vykazaly zvýšení životnosti o 47%.

Praxe ukazuje, že vzhledem k složitým zatěžujícím podmínkám za provozu lze jako směrnou hodnotu osvědčeného zatížení považovat u vysokepevnostních ocelí napětí vetknutí 500-600 MPa vztažené k celé síle působící na 1 zub. Z výpočtu pevnostních hodnot a výsledků provozních zkoušek je patrné, že vývoj nízko-  
legovaných ocelí končí s dosažením pevnosti 1.200-1500 MPa.

#### 2.4.3. Ocel VP7 - výrobce k.p. UNIČOV /dříve ZJF Chomutov/

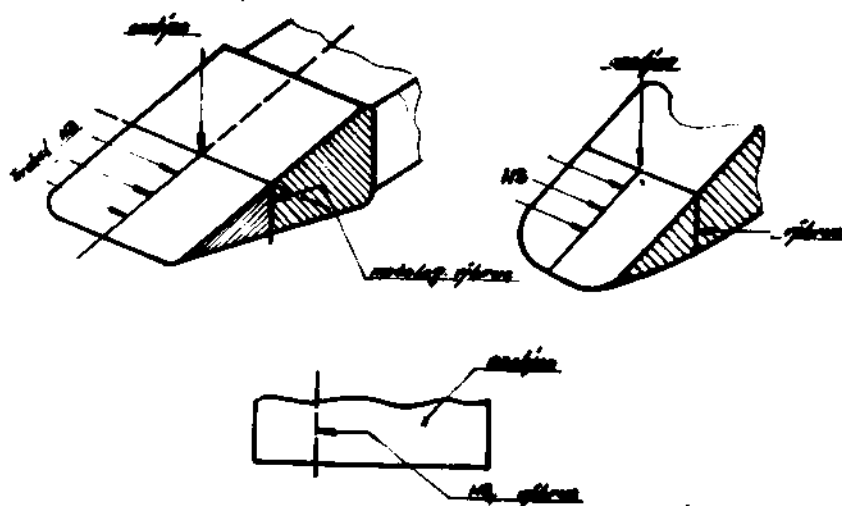
U vzorků dané oceli byly provedeny následující zkoušky :

a/ chemický rozbor

b/ tvrdost

c/ metalografické posouzení

Místa odebrání vzorků pro chemický rozbor, metalografické posouzení a stanovení tvrdosti u jednotlivých zubů jsou vyznačeny na obr. č. 1.



Obr. č. 1: Místa odebrání zkoušek u jednotlivých typů zubů  
a klínku

Chemické složení dle předpisu :

C /0,25±0,32%/; Mn /1,3±1,8%/; Si /0,4±0,8%/; Cr /0,6±1,0%/;  
Ni /0,1±0,2%/; Mo /0,4±0,6%/; V /0,15±0,25%/; P /0,025% max/;  
S /0,025% max/.

Tepelné zpracování je rozděleno do dvou částí. Jednak na  
zušlechťení celého zubu, jednak na dodatečné zušlechťení špič-  
ky zubu v délce 7-10 cm.

#### 2.4.3.1. Technologický předpis tepelného zpracování

1. Zušlechťení celého zubu
  - a/ normalizační žihání, 880±890°C; 2 hod vzduch
  - b/ kalení, 880±890°C; 2 hod voda
  - c/ popouštění, 420°C; 3 hod voda
2. Zušlechťení špičky zubu v délce 50±70 mm
  - a/ kalení špičky zubu v solné lázni, 880±890°C;  
20 min voda

b/ popouštění, 200°C; 1,5 hod voda

### 3. Předpokládané mechanické hodnoty

a/ špička zubu /50+70 mm/

tvrdost 460+510 HB, pevnost 1600+1800 MPa

b/ zbylá část zubu

tvrdost 360+390 HB, pevnost 1200+1300 MPa

#### 2.4.3.2. Zpráva o provozním tepelném zpracování vsazovaných zubů z oceli VP7

V Chomutově bylo pouze provedeno zušlechtění dle 1. Zušlechtění špičky zubu bylo provedeno v sérii 64 zubů v SONP Kladno.

Zuby byly zpracovány na elektrických komorových pecích a vozových elektrických a plynových pecích dle 1. Všechny tepelně zpracované hrany byly 100% zkoušeny, přičemž zjištěná pevnost se pohybovala v rozmezí 1300+1700 MPa. Poněvadž horní rozmezí pevnosti přesahovalo předepsanou pevnost, byla zvýšena popouštěcí teplota na 470+490°C. Docílená pevnost po tomto popouštění se pohybovala v rozmezí 1200+1300 MPa, což je v souladu.

#### Zušlechťování špiček vsazovaných zubů z oceli VP7

Poněvadž závod nedisponoval technologickým zařízením pro tepelné zpracování v solné lázni, byly k tomuto zpracování odvezeny do SONP Kladno dle 2.

#### 2.4.3.3. Posouzení vlivu tepelného zpracování na mechanické a strukturální vlastnosti materiálu VP7

Byly sledovány tyto stupně tepelného zpracování :

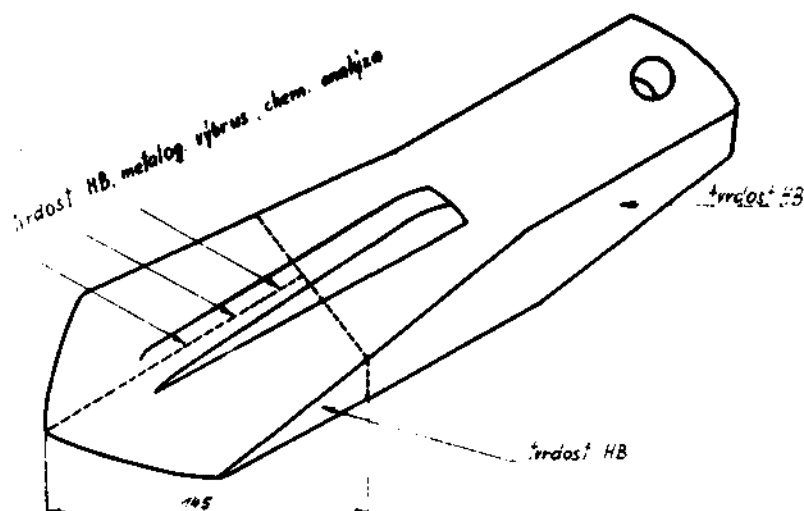
Vzorek č. 1 - osazovaný zub normalizovaný 880+890°C

Vzorek č. 2 - osazovaný zub kalený a popouštěný dle 1

Vzorek č. 3 - zušlechťená špička zubu dle 2.

Označení vzorků bude ponecháno i nadále.

Místa prováděných zkoušek jsou vyznačena na obr. č. 2.



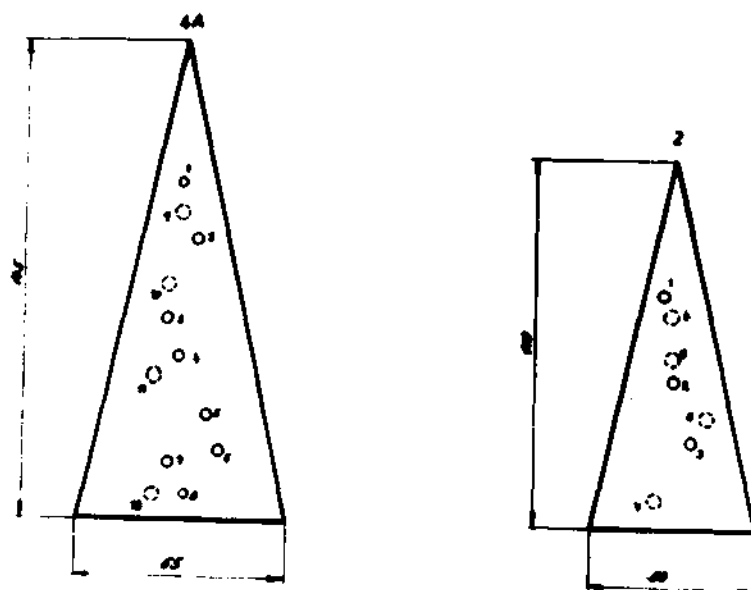
Obr. č. 2 : Vyznačení míst na zubu, kde byly prováděny mecha-  
nické a metalografické zkoušky.

#### Mechanické posouzení:

Dle obr. 2 byl zub příčně rozříznut asi 145 mm od špičky a tento kus pak ještě podél osy zubu. Tvrdość byla zkoušena podle Brineilla a to jak na povrchu, tak i uvnitř zubu.

Místa prováděných zkoušek jsou vyznačena na obr. 3 a obr. 4. Zkoušky uvnitř zubu jsou vyznačeny kroužky s pinou čarou, místa zkoušek na povrchu zubu jsou vyznačena šárkovanými kroužky, viz obr. 3.

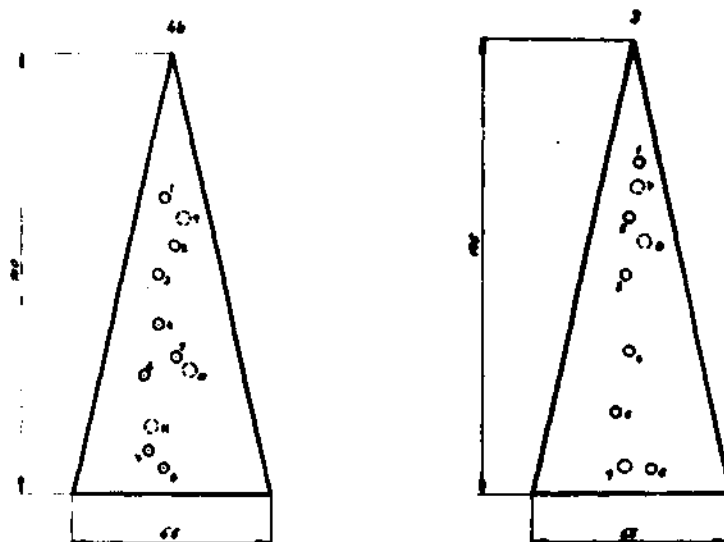




Obr. č. 3: Označení míst, kde byly provedeny zkoušky tvrdosti u vzorků č. 1 a 3. Kroužky s plnou čarou - místa uvnitř zubu, kroužky čárkované - místa na povrchu zubu.

Metalografický rozbor:

metalografický vybrus byl proveden v místech v, značených na obr. 2. Fotografovaná místa jsou vyznačena na obr. 5 a 9. U sedmi výbrusů se ukázalo, že struktura není po celé ploše homogenní, proto jsou na obr. 5 a 9 vyznačeny i plochy s přibližně stejnorodou strukturou.

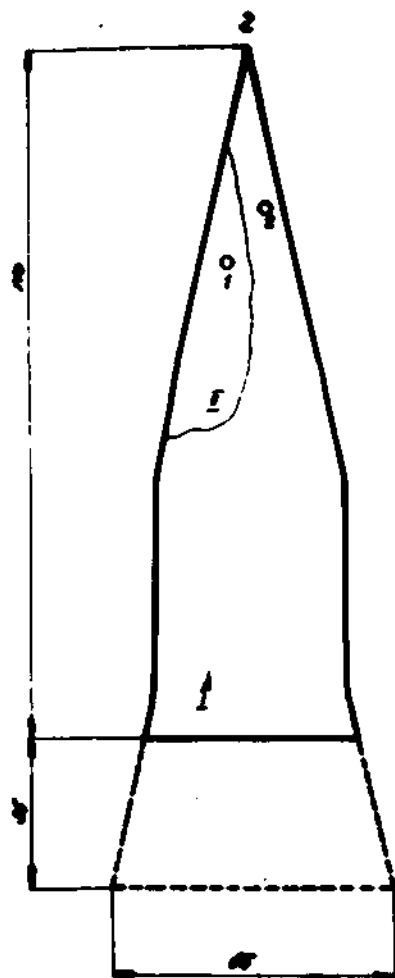


Obr. č. 4: Označení míst, kde byly provedeny zkoušky tvrdosti u vzorků č. 2 a 3. Kroužky plnou čarou - uvnitř zubu, kroužky čárkované - na povrchu zubu.

#### 2.4.3.4. Popis struktur jednotlivých vzorků

Vzorek č. 1 - Struktura č. A - perlitická struktura - nepatrný náznak dendritů, viz obr. 6

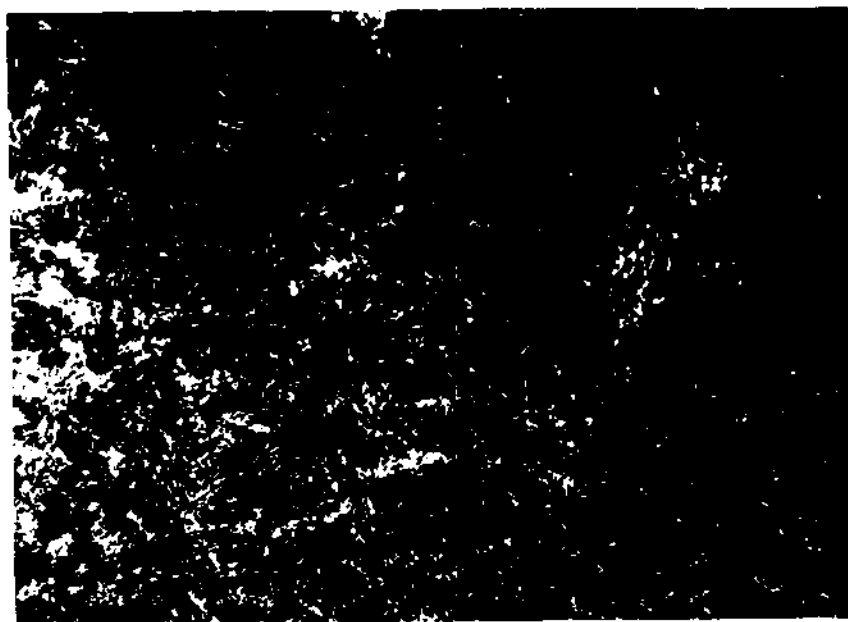
Struktura č. B - v základu perlitická struktura s výraznými náznaky původu dendritické kostry, viz obr. 7.



Obr. č. 5: Označení míst  
fotografovaných struktur  
u vzorku č. 1,

I plocha hrubé struktury

II plocha jemnější struk-  
tury



Obr. č. 6: Mikrostruktura č. A vzorku č. 1, zvětšeno 50x



Obr. č. 7: Mikrostruktura č. B vzorku č. 1, zvětšeno 50x

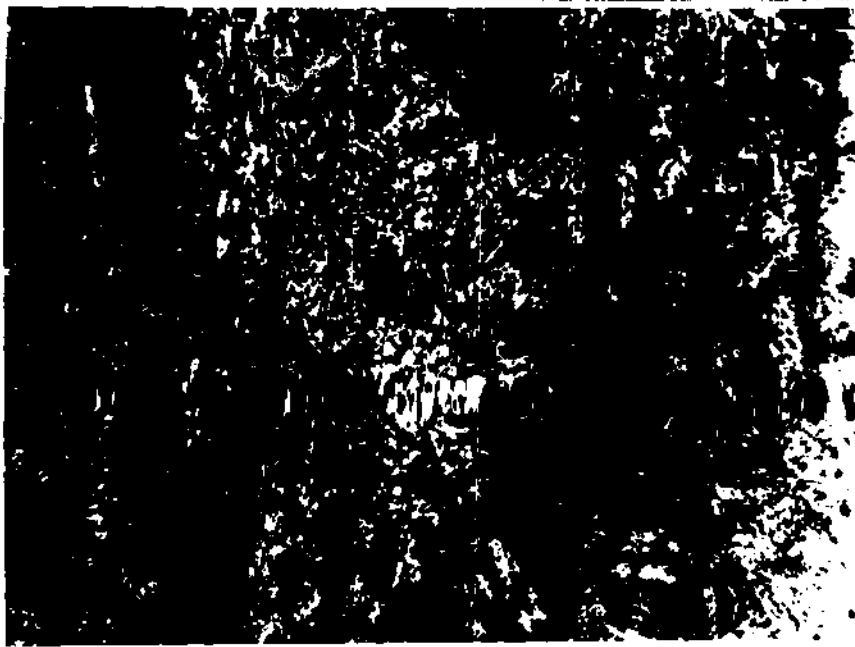
Vzorek č. 2, vyznačení míst geologických struktur je na obr.8

Struktura č. 1 - zušlechtěná struktura s hrubým zrnem

č. 2 - zušlechtěná struktura jemnějšího charakteru

č. 3 - zušlechtěná struktura s náznakem původních okrajových krystalů

č. 4 - oduhličení je minimální



Obr. č. 7: Mikrostruktura č. B vzorku č. 1, zvětšeno 50x

Vzorek č. 2, vyznačení míst geologických struktur je na obr.8

Struktura č. 1 - zušlechtěná struktura s hrubým zrnem

č. 2 - zušlechtěná struktura jemnějšího charakteru

č. 3 - zušlechtěná struktura s náznakem původních okrajových krystalů

č. 4 - oduhličení je minimální



Obr. č. 10: Mikrostruktura č. 3 vzorku č. 2

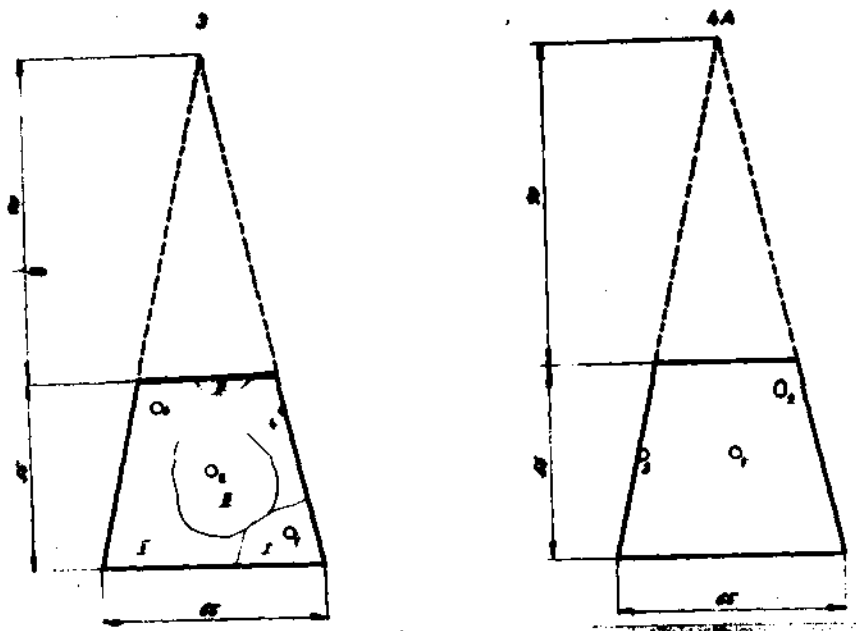
Vzorek č. 3: Struktura č. 1 - popuštěný martenzit a hrubší dendritická struktura

č. 2 - popouštěný martenzit, náznak původní dendritické kostry

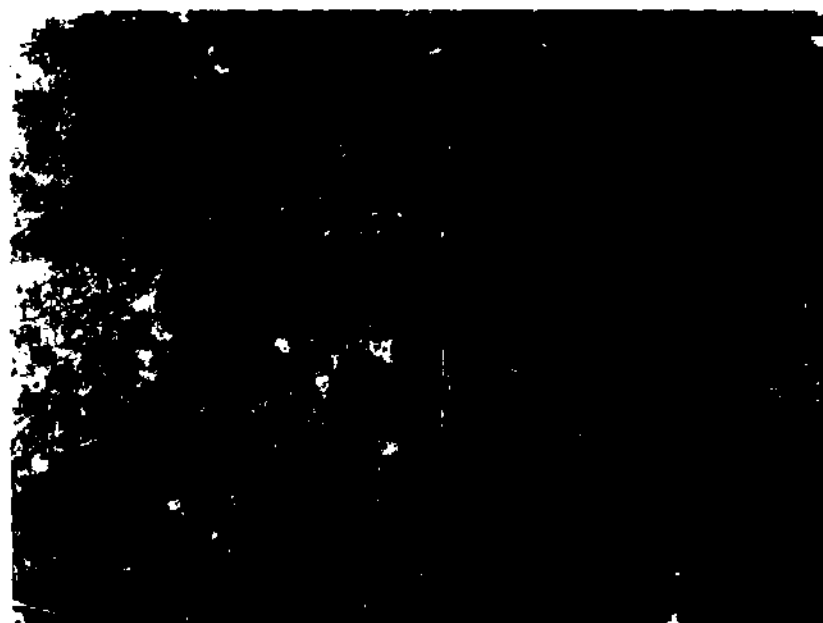
č. 4 - oduhličení je minimální



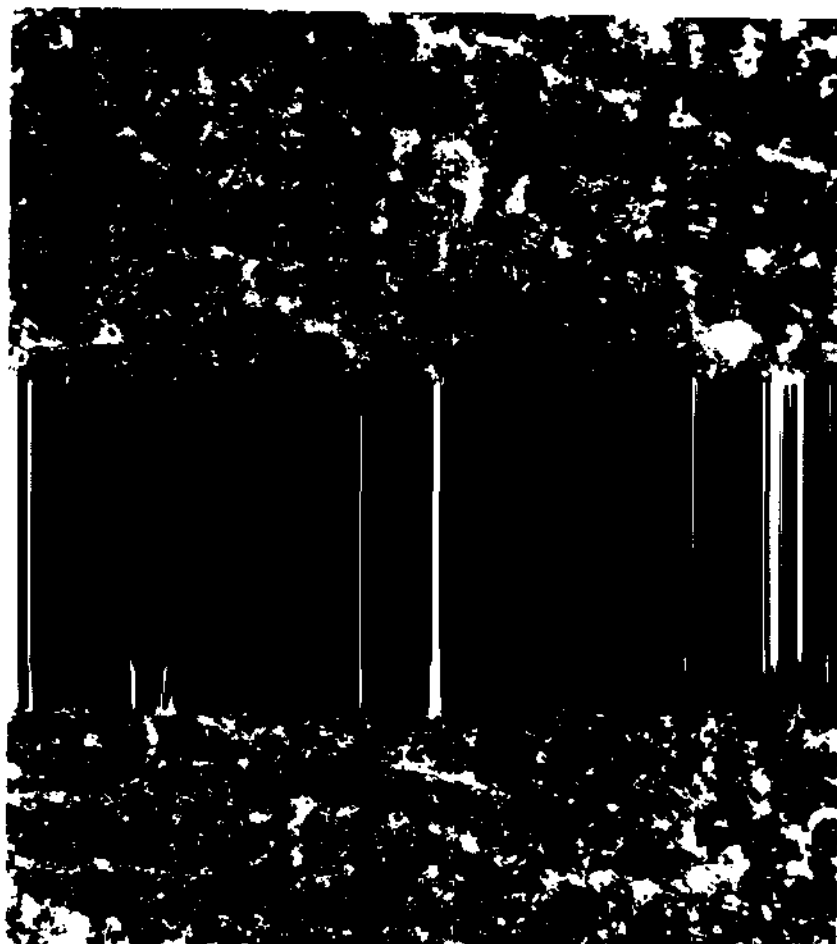
Obr. č. 11: Mikrostruktura č. 1 vzorku č. 3, zvětšeno 50x



Obr. č. 8: Vyznačení fotografovaných struktur u vzorku 2 a 3  
 I, II - hrubé struktury  
 III, IV - jemné struktury



Obr. č. 9: Mikrostruktura č. 2 vzorku č. 2



Obr. č. 12: Mikrostruktura č. 2 vzorku č. 3, zvětšeno 50x

#### 2.4.3.5. Shrnutí

Jedná se o vysokopevnostní ocel PN VP7.

Popouštěcí diagram vypracovaný ve VŽKG k.p. UNIČOV obr. 14 vykazoval širokou oblast popouštěcí křehkosti od 300-550°C. Naše studium vlivu nižších popouštěcích teplot od 250 do 180°C ukázalo, že v tomto rozsahu je možné dosáhnout zvýšení vrubové houževnatosti z 15 Jcm<sup>-2</sup> na 20+25 Jcm<sup>-2</sup>, viz obr. 14, při současném zvýšení tvrdosti na 500-550 HV a pevnosti v tahu na 1800 MPa.

Dále byl ověřen vliv austenitizační teploty na hodnoty tvrdosti a na rozměrnost jejího rozložení. V tab. 2 jsou uvedeny hodnoty tvrdosti oceli VP7 po kalení - teplot 860+940°C do vody. Maximální tvrdosti bylo dosaženo pro rozměr vzorků 23x25x25 mm po kalení do vody z 920°C.

Jako optimální se jeví rozmezí austenitizačních te-



no konstatovat, že tvarem i slévárenským provedením plně vyhovují. Vypracovaná technologie umožňuje současně vysoké využití tekutého kovu a zaručuje uvnitř zdravý odlitek.

Tepelné zpracování může být prozatím provedeno pouze po celém zubu dle 2, poněvadž závod nedisponuje technologickým zařízením pro kalení v solné lázni.

Mechanické hodnoty zkoušených zubů jsou v toleranci s daným předpisem SVÚM Brno jak po tepelném zpracování v ZJF, po zpracování špiček v SONP Kladno.

### 3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

#### 3.1. Ocel VPH - návrh tepelného zpracování

Chemické složení : 0,33%C, 1,53%Mn, 0,88%Si, 0,77%Cr,  
0,35%Mo, 0,23%W, 0,86%Ni, 0,06%Al

##### 3.1.1. Určení optimálních teplot pro žihání na měkko

Tuto teplotu jsem určil z naměřených hodnot tvrdosti, viz tab. 4. Je to rozmezí teplot 680-700°C. Tvrdost jsem měřil při teplotách 680, 700, 720°C. Časovou prodlevu jsem zvolil konstantní a to 4 hodiny pro všechny teploty a následné vychladnutí vzorků na vzduchu.

##### 3.1.2. Určení normalizačních teplot

Teplotu normalizačního žihání jsem navrhl dle teploty normalizačního žihání používané u oceli VP7 a to 880°C, ovšem dobu austenitizace jsem zkrátil na 1 hodinu s následným vychladnutím na vzduchu.

Žihání jsem provedl na kostičkách 23x23x25 mm a to s ochlazováním na vzduchu či v zábalu, změřil jsem tvrdost dle Vickerse, viz tab. č. 5, a vyfotografoval jsem jednotlivé struktury, viz obr. č. 15 a 16.

Též jsem provedl zkoušky vrubové houževnatosti a to při teplotách 880, 900 a 940°C. Hodnoty vrubové houževnatosti se s austenitizační teplotou prakticky ani neměnily ani nevykazovaly rozptyl, avšak tvrdost vzorků klesala, viz obr. č. 17.



Nital

100x

Obr. č. 15: Normalizačně žíhaný 880°C/1h vzduch, struktura  
jehlicovitá o tvrdosti HV 499, 481, 517, 484.



Nital

100x

Obr. č. 16: Normalizačně žíhaný 880°C/1h pomalu chlazený  
v zábalu, struktura jehlicovitá více rozpadlá  
o tvrdosti HV 454, 454, 476, 484.

Potom při teplotách  $900^{\circ}\text{C}$  a  $940^{\circ}\text{C}$  jsem měřil pevnost v tahu, včetně meze kluzu a odolnost vůči abrazivnímu opotřebení, viz tab. 5. Zvýšením austenitizační teploty na  $940^{\circ}\text{C}$  silně poklesla pevnost i mez kluzu, přitom plastické vlastnosti oceli se výrazně nezlepšily. Odolnost vůči abrazivnímu opotřebení se moc nelišily a při  $T = 940^{\circ}\text{C}$  byla po austenitizaci mírně vyšší. Zvýšení abr. se dá spojovat s rozpadem zbytkového austenitu v podmínkách abraze na martenzit.

Tedy pro normalizační žíhání oceli VPH bude vhodné rozmezí teplot  $880^{\circ}\text{C}+900^{\circ}\text{C}$ . Normalizačně žíhaný stav bude vhodný pro součásti, u nichž se vystačí s nižšími hodnotami pevnostních vlastností.

### 3.1.3. Určení kalících teplot

Zkoušky jsem provedl na kostičkách arázovkách a výsledky jsem uvedl, viz tab. 6 a obr. 18.

Tahovou zkoušku a zkoušku odolnosti proti abrazivnímu opotřebení jsem provedl pro austenitizační teploty  $900^{\circ}\text{C}$  a  $940^{\circ}\text{C}$ . Po austenitizaci na teplotě  $880$  až  $900^{\circ}\text{C}$  do oleje docházelo u oceli VPH ke zrovnoměnění tvrdosti i struktury, viz obr. 19 a 20. Maximální tvrdosti bylo dosaženo na teplotě  $920^{\circ}\text{C}$ , tab. 6, obr. 20.

Dalším zvýšením austenitizační teploty na  $940^{\circ}\text{C}$  se dále tvrdost nezvyšovala, naopak byl naměřen její mírný pokles. Pokles tvrdosti je nutno spojovat s vyšším podílem zbytkového austenitu ve struktuře oceli. Vrubová houževnatost vzorků se prakticky neměnila v rozsahu kalících teplot  $880^{\circ}\text{C}+940^{\circ}\text{C}$  stejně tak jako pevnost v tahu a mez kluzu, obr. 18.

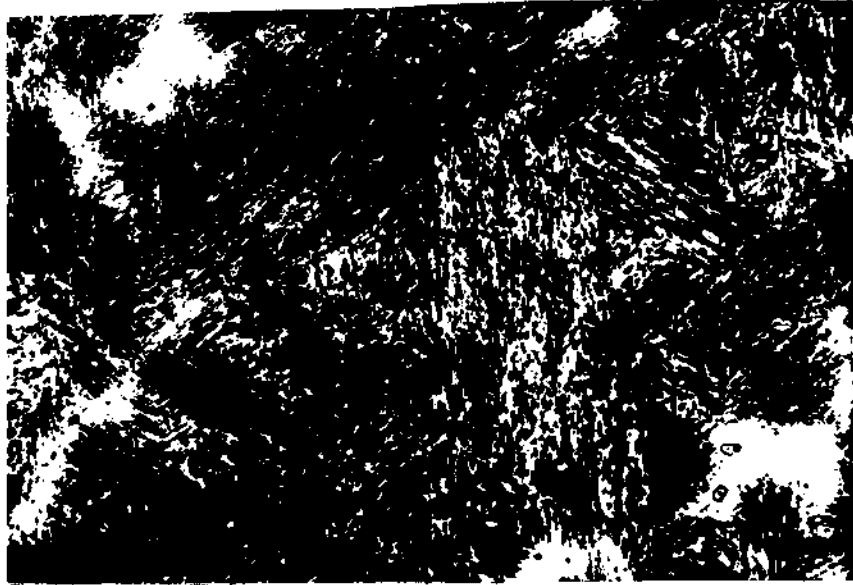
Opt. 19

tvrdost HV : 543, 530, 543, 540, 543

K 880°C/01 + P 200°C/1h

Nital

200x



tvrdost HV : 547, 547, 527, 540, 547

K 860°C/01 + P 200°C/1h

Nital

200x



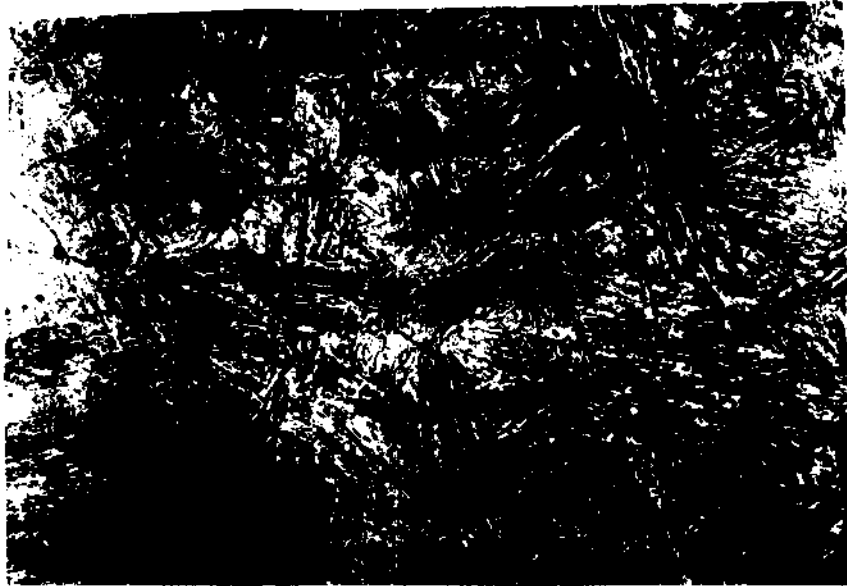
Op. 20

tvrdost HV : 568, 579, 579, 561, 533

K 920°C/0.1 + P200°C/1h

Nital

200x



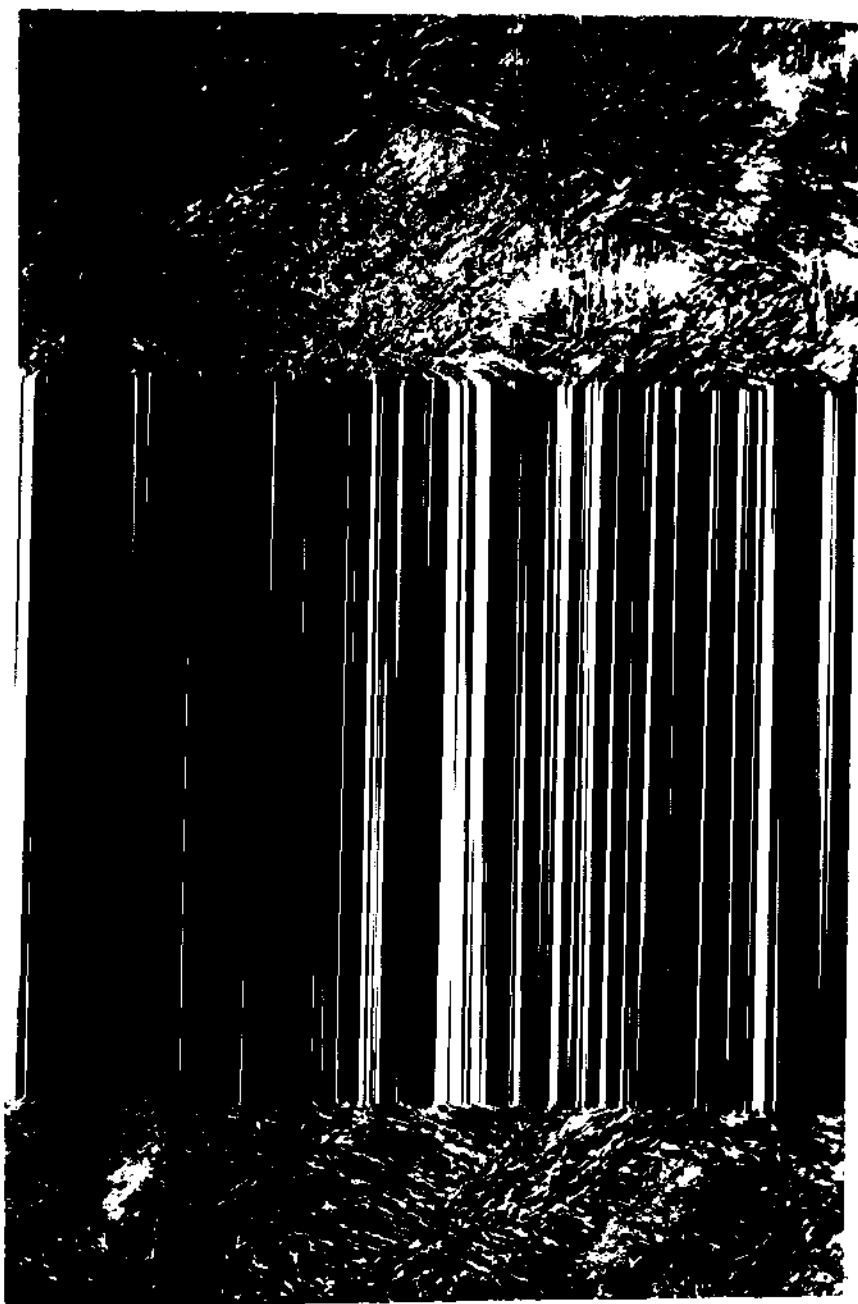
tvrdost HV : 547, 547, 547, 547, 547

K 900°C/0.1 + P 200°C/1h

Nital

200x





Nital

200x

Obr. č. 21: K 940°C/ol + P 200°C/1h

tvrdost HV : 554, 554, 557, 537, 561

Z uvedených hodnot zkoušek mechanických vlastností oceli VPH vyplývá, že za vhodné rozmezí kalících teplot je třeba považovat interval 880°C+920°C. Odlitky s malou tloušťkou stěn bude nutné kalit do oleje. Pro větší tloušťky stěn bude možné při kalení volit jako ochlazovací médium vodu. U dílů s proměnnou tloušťkou stěny je však třeba počítat v užších průřezech /cca 10 mm/ s poklesem vrubové houževnatosti z 25+34 Jcm<sup>-2</sup> na 15 Jcm<sup>-2</sup> a to v celém rozsahu kalících te-

Při popouštění jsem provedl zkoušky vrubové houževnatosti a tvrdosti. Vliv popouštěcích teplot na vrubovou houževnatost oceli VPH byl obdobný jako u oceli VP7, viz obr. 22. Po popouštění na teplotě  $250+450^{\circ}\text{C}$  kolísala hodnota vrubové houževnatosti mezi  $20+25 \text{ Jcm}^{-2}$ , při popouštění na teploty  $200+220^{\circ}\text{C}$  se zvýšila na  $25+34 \text{ Jcm}^{-2}$  při současném zvýšení tvrdosti.



11222

opotřebení a vhodným zvolením co nejvyššího  
tívnějšího tepelného zpracování docílíme požadované hodnoty.  
Tyto oceli byly též použity z hlediska devizových úspor na  
legujících prvcích.

Celý návrh tepelného zpracování nové oceli VPH byl za-  
ložen na znalosti tepelného zpracování vysokopevnostní nízko-  
legované oceli VP7, neboť se jedná o ocel s podobným chemic-  
kým složením a s podobnými požadavky na mechanické hodnoty.

Naměřené hodnoty mechanických vlastností u oceli VPH -  
tvrdosti, pevnosti,  $R_{p0,2}$  vrubové houževnatosti mají vyšší  
hodnoty než parametry u oceli VP7, což odpovídá našim poža-  
davkům.

Snažil jsem se dosáhnout co největších plastických vlast-

ností, ale ne na úkor jejich tvrdosti. Ovšem vyšší naměřené  
hodnoty vrubové houževnatosti byly na zkušebních vzorcích,  
Jak tyto výsledky budou odpovídat hodnotě na skutečných zu-  
bech se dovíme až po provedení tepelného zpracování přímo  
těchto zubů. Zde dojde k určitým odchylkám, neboť tvar zubu  
není rovnoměrný a tedy rychlost ochlazování není ve všech mís-

tech stejná

Při popouštění jsem provedl zkoušky vrubové houževnatosti a tvrdosti. Vliv popouštěcích teplot na vrubovou houževnatost oceli VPH byl obdobný jako u oceli VP7, viz obr. 22. Po popouštění na teplotě 250+450°C kolísala hodnota vrubové houževnatosti mezi 20+25 Jcm<sup>-2</sup>, při popouštění na teploty 200+220°C se zvýšila na 25+34 Jcm<sup>-2</sup> při současném zvýšení tvrdosti.

## 5. ZÁVĚR

Pro ocel na odlitky typu VPH budou vhodné následující postupy tepelného zpracování :

1. žihání na měkko v rozmezí teplot  $680+700^{\circ}\text{C}$
2. normalizační žihání na teplotě  $880+900^{\circ}\text{C}$
3. zušlechťování  $880+920^{\circ}\text{C}$ /olej či voda a nízkém popouštění  $200+220^{\circ}\text{C}/\text{lh.}$

Ocel VPH kalená do oleje má pevnost vyšší o 150 MPa oproti oceli VP7 i mírně vyšší vrubovou houževnatost.

Z hlediska užití na výrobu dílů, které nejsou strojně obráběny, představuje ocel VPH svými vyššími parametry a ekonomickou výhodností, další vhodný typ nízkolegované nízkouhlíkové oceli. Je vhodná pro výrobu zubů velkých rypadel, exponovaných dílů drtičů, mlýnů apod.

Je nutno připomenout, že kvalitní tepelné zpracování je základním předpokladem úspěšného využití této oceli.

*R. Šajr*

## 7. SEZNAM PŘÍLOH

- /1/ - Technologický celek TC 0
- /2/ - Technologický celek TC 1
- /3/ - Technologický celek TC 2
- /4/ - Technologický celek TC 3
- /5/ - Zub s kruhovým ostrším
- /6/ - Klínový zub
- /7/ - Kopinatý zub
- /8/ - Schématický nákres přístroje s abrazivním platnem
- /9/ - Ukázka vetknutí zubů na korečku

Vz.č.	JEDNOTKY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	HB	313	313	309	313	307	304	307					
	MPA	1040	1040	1030	1040	1020	1010	1020					
2	HB	388	390	395	390	395	390	375	380	383			
	MPA	1310	1320	1330	1320	1330	1320	1260	1280	1290			
3	HB	481	478	481	478	474	478	478	478	471	464	488	464
	MPA	1680	1660	1680	1660	1650	1660	1660	1660	1640	1610	1620	1610

TAB. 1.

Tab. 2

Materiál	Vz. +/-	Tepelné zpracování	Tvrdość HV 30
VP 7	7 - 1	Kalení 860°C/voda	520 554 517 540 537
	7 - 2	Kaleno 860°C/voda	496 523 533 537 557
	7 - 3	Kaleno 900°C/voda	530 550 561 537 543
	7 - 4	Kaleno 920°C/voda	571 583 583 571 571
	7 - 5	Kaleno 940°C/voda	550 557 564 564 564

+ / Rozměr vzorku 23 x 25 x 25 mm

Vz. č.	Jádro zubu		Špička zubu	
	HB	MPA	HB	MPA
1	415	1410	534	1930
2	415	1410	514	1830
3	401	1350	514	1830
4	401	1350	444	1520
5	401	1350	444	1520
6	363	1280	495	1740
7	415	1410	478	1660
8	388	1310	478	1660
9	429	1460	602	2310
10	341	1140	514	1830
11	429	1460	514	1830
12	415	1410	495	1740
13	388	1310	444	1520
14	415	1410	534	1930
15	401	1350	478	1660
16	415	1410	495	1740
17	415	1410	495	1740
18	401	1350	514	1830
19	401	1350	478	1660
20	388	1310	495	1740

TAB. 3. MECHANICKÉ HODNOTY ZUBŮ ZUŠLECHTĚNÝCH  
V SONP Kladno

Vz. č.	Teplota [°C] (4h/vzduch)	TVRDOST HV				
1	680	290	285	291	286	
2	700	290	289	289	285	289
3	720	318	318	315	315	

TAB. 4. NAMĚŘENÉ HODNOTY TVRDOSTI U ŽÍHÁNÍ NA MĚKKO  
OCELI VPH

TEPLOTA NŽ 880°C/1h vzduch	Vz. č.	4	5		
		499	454		
	TVRDOST HV	481	454		
		517	475		
		481	484		
			487		
900°C 1h /vzduch	Rm MPa	R <sub>p0,2</sub> MPa	KCU J/cm <sup>2</sup>	ψ <sub>a</sub>	
	1450	1250	25÷27		
	1650	1300			2.61
940°C 1h /vzduch	1300	1110	25		2.7
	1450				

TAB. 5. MECHANICKÉ HODNOTY U ŽÍHÁNÍ NORMALIZAČNÍHO  
OCELI VPH



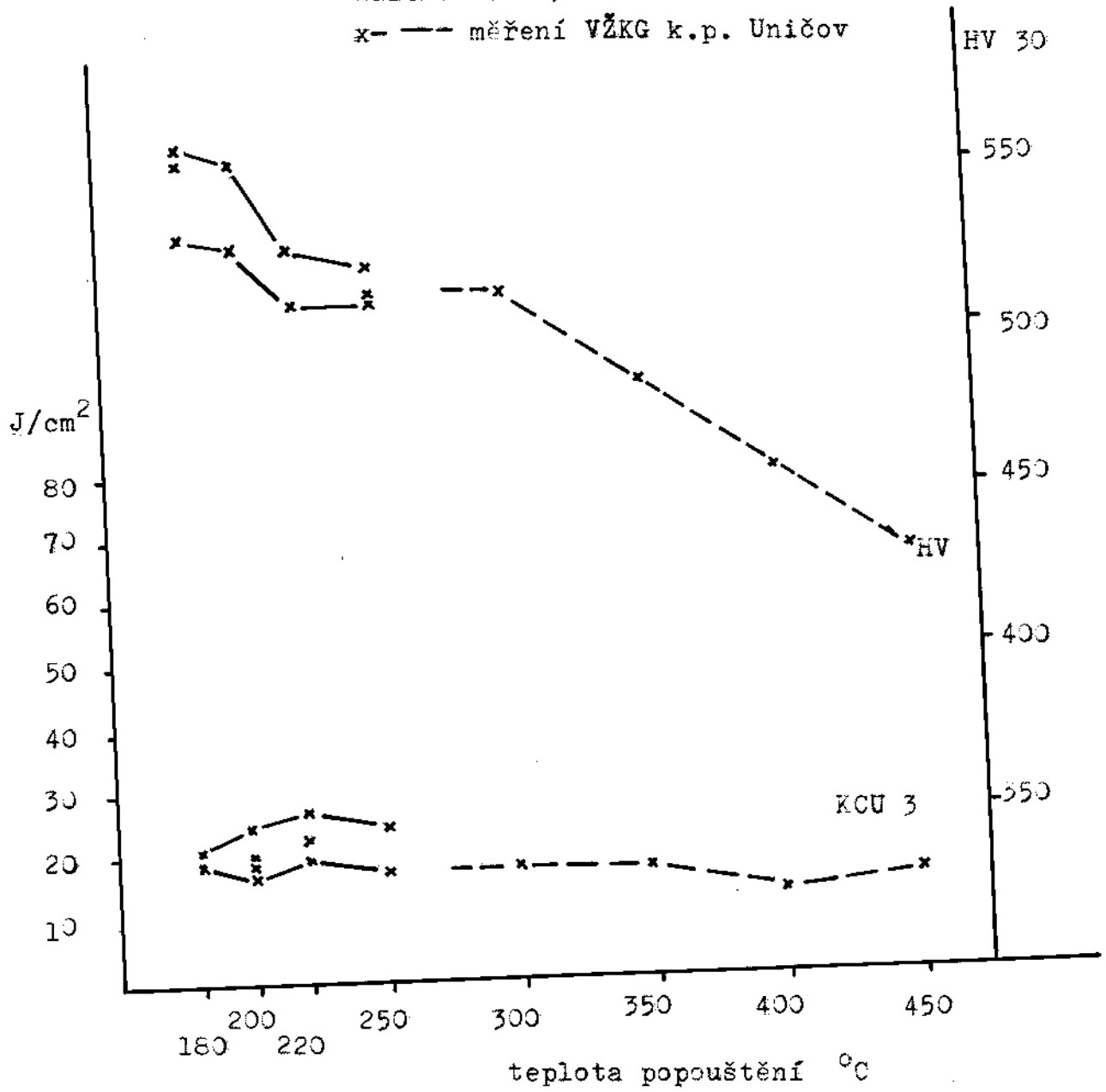
TEPLOTA [°C]	TVRDOST		R <sub>m</sub> MPa	R <sub>p0,2</sub> MPa	KCU J/cm <sup>2</sup>	η <sub>a</sub>
	HV	HRC				
K860°C/ol. + P200°C/1h	547	50				
	547	52				
	540					
	547					
K880°C/ol. + P200°C/1h	543	50	1800		25÷30	
	530					
	543					
	543					
K900°C/ol. + P200°C/1h	547	51	1800	1450	25÷34	2,825
	547	50				
	547	51				
	547					
K900°C / voda + P200°C/1h	530		1740 - -1800		13÷17	
	542					
	555					
	555					
K 920°C/ol. + P200°C/1h	568	52				
	579	53				
	579	53				
	533					
K 940°C/ol. + P 200°C/1h	537	50,5	1770	1420	30	2,724
	561	52				
	554	51,5				
	557					

TAB.6. MECHANICKÉ HODNOTY PŘI ZUŠLECHŤOVÁNÍ

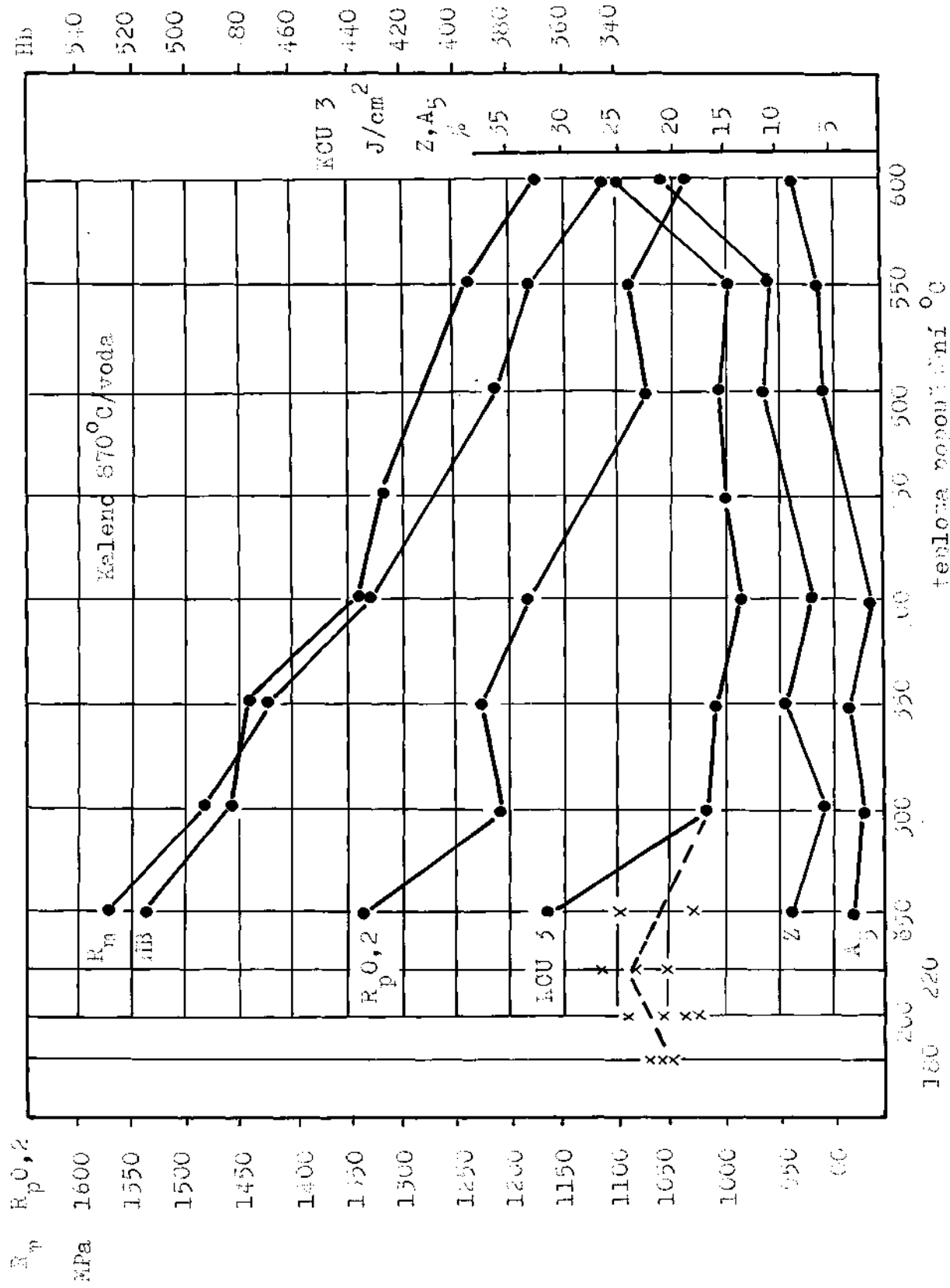
Ůcel VP 7

Kaleno 870°C/voda

x- - - měření VŽKG k.p. Uničov

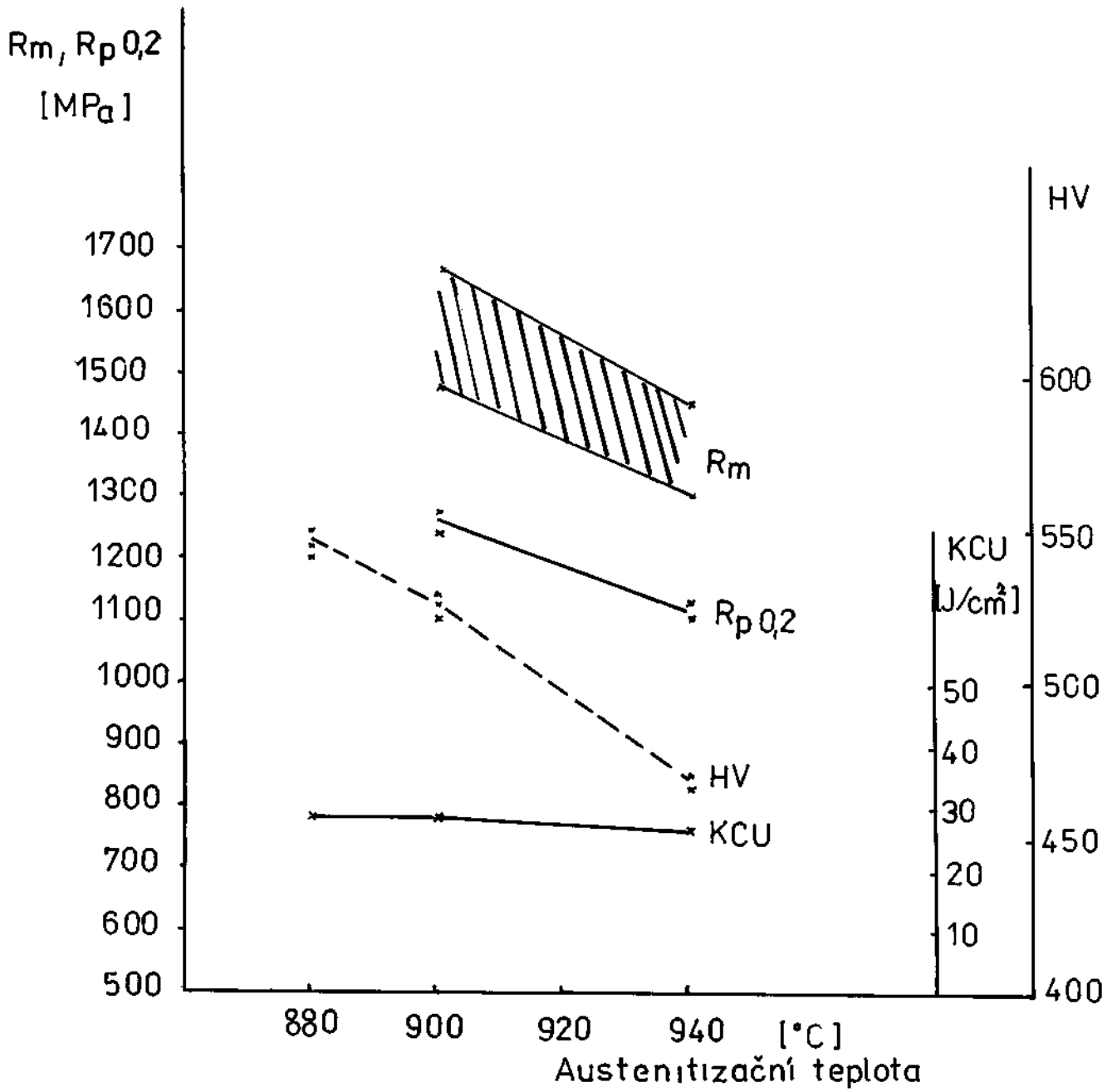


Obr. 13



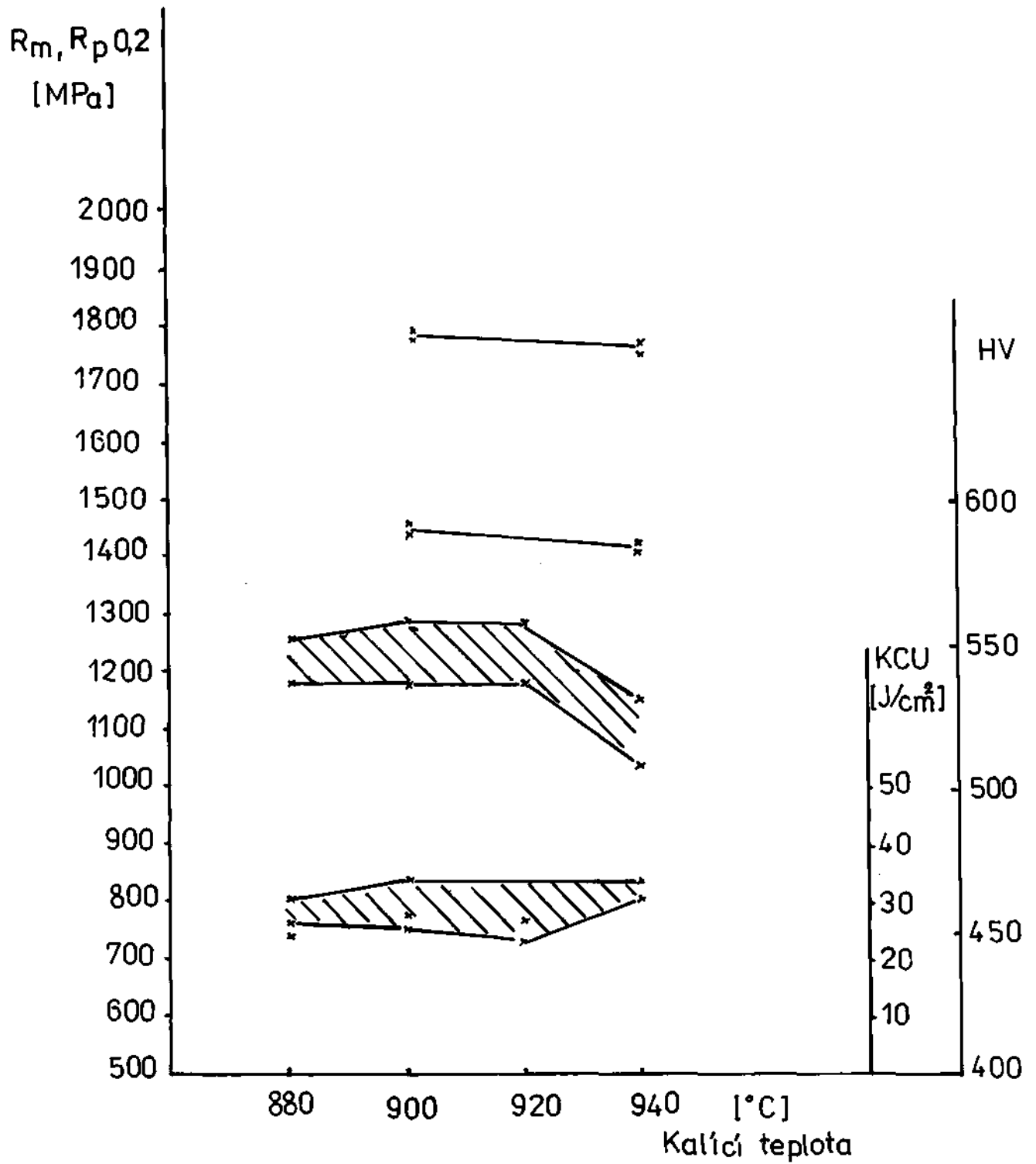
Obr. 14: Vliv požouřteř teploty na mechanické vlastnosti lité oceli V. 7.

NORMALIZAČNÍ ŽÍHÁNÍ 1h/vzduch



Obr. 17

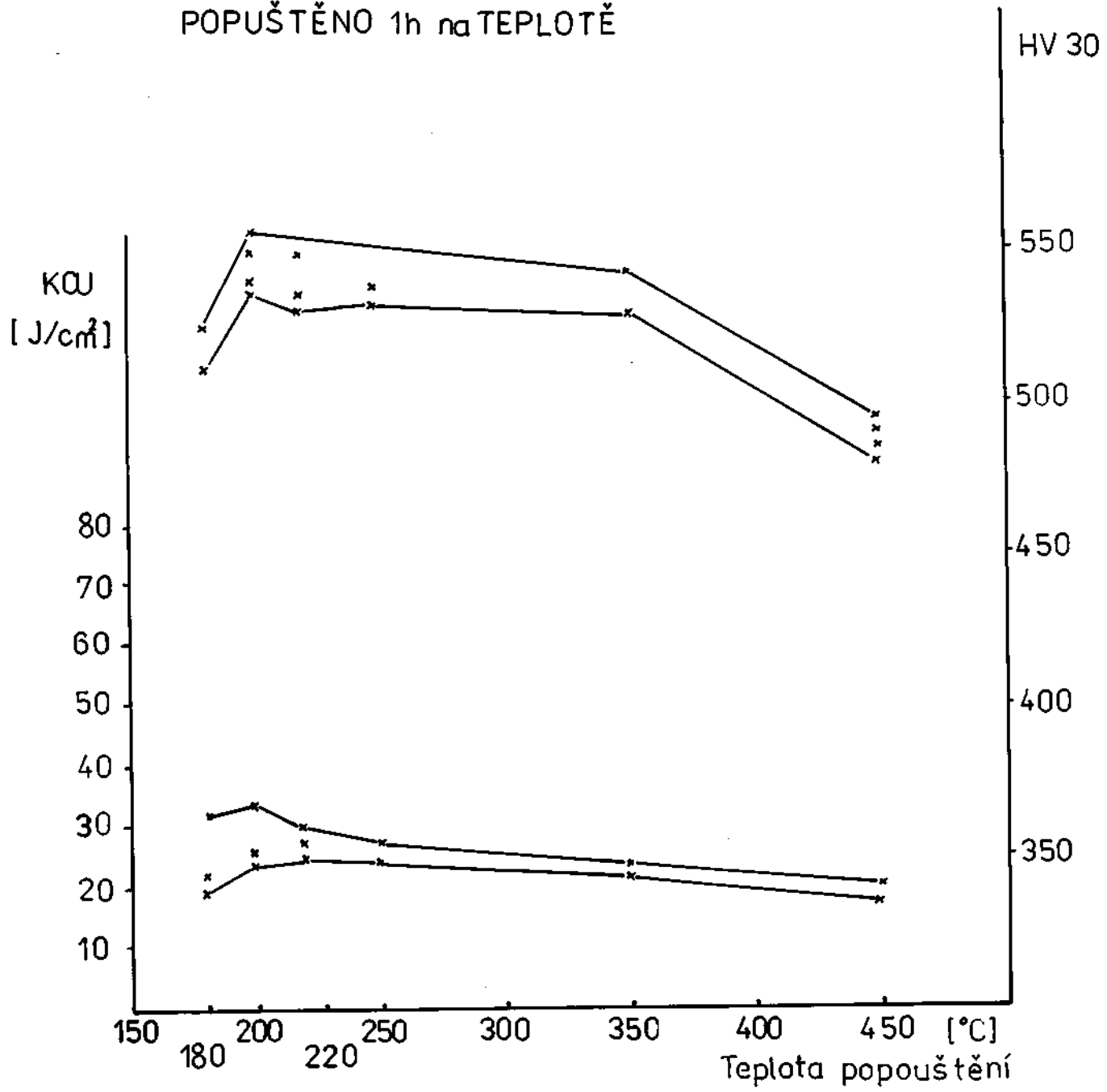
KALENO DO OLEJE A POPUŠTĚNO 200°C/1h



Obr. 18

KALENO 880 900°C/olej

POPUŠTĚNO 1h na TEPLITĚ

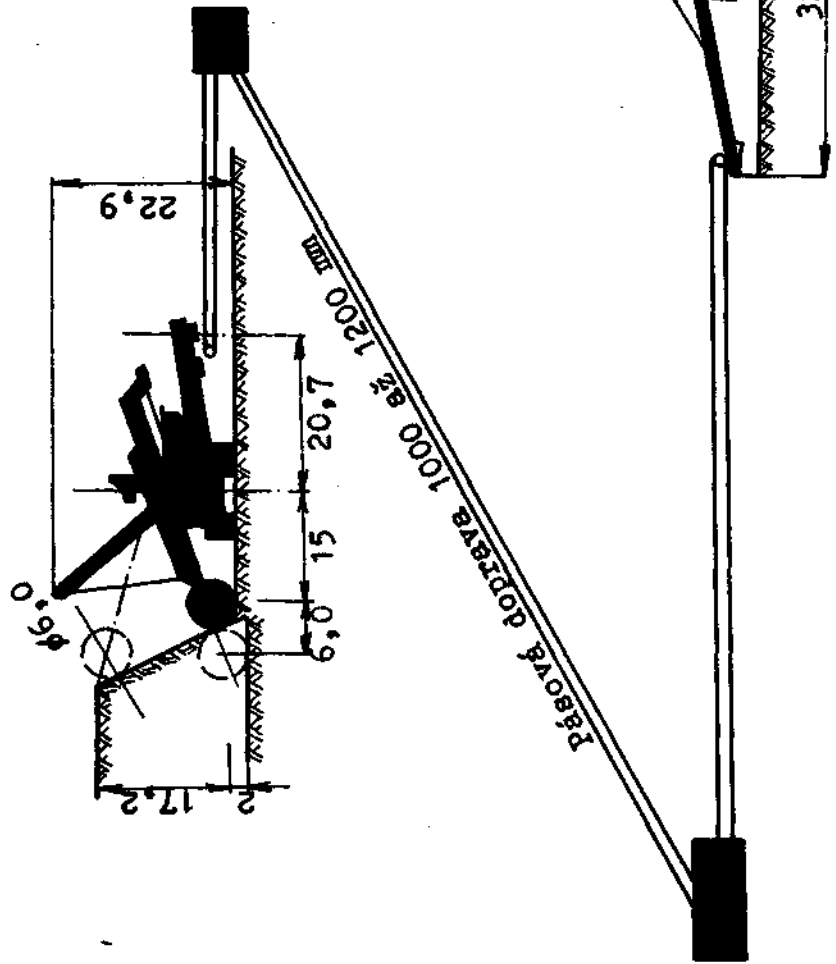


Obr. 22

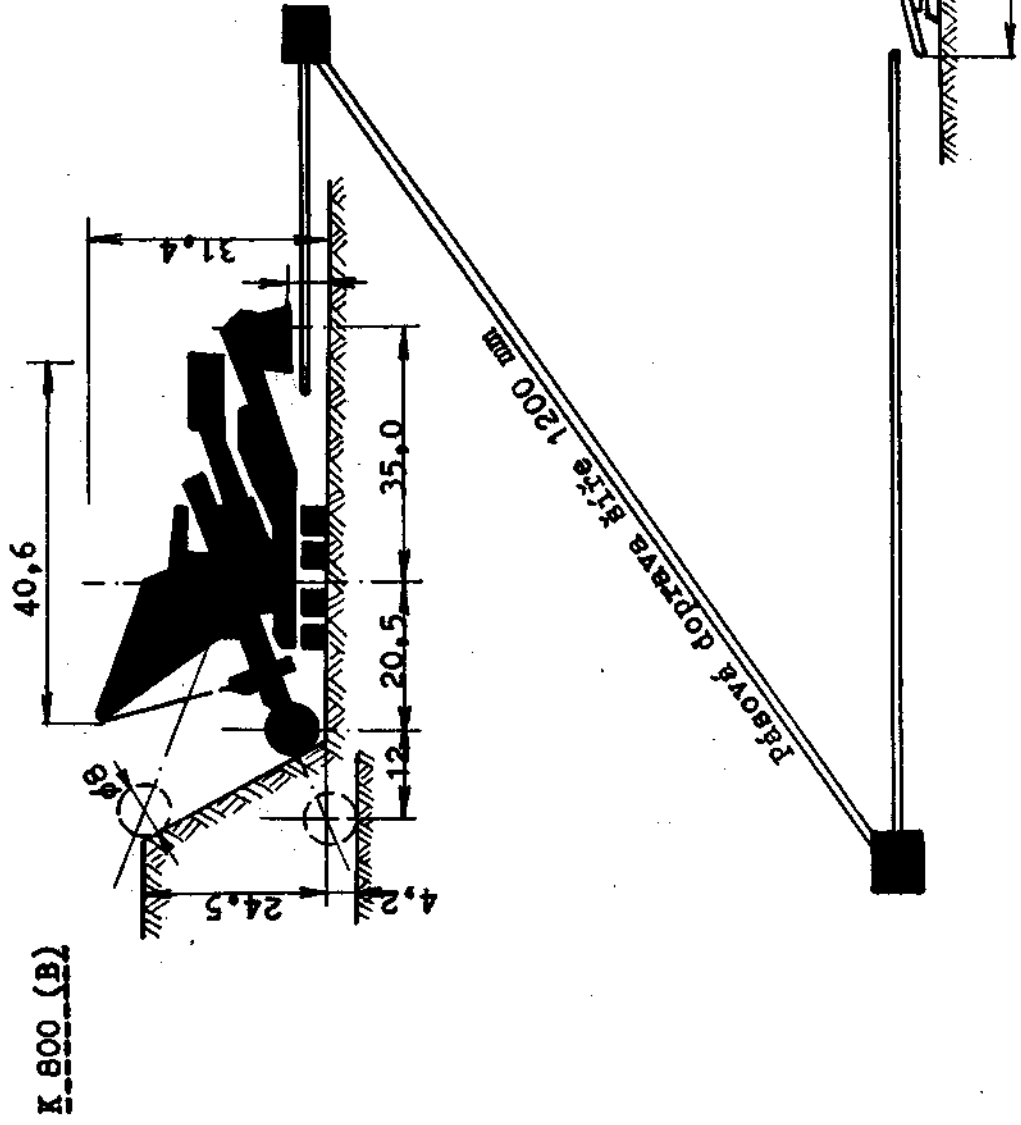
Hákras technológického celku

TC - 0

K 200



Náčrt technologického celku

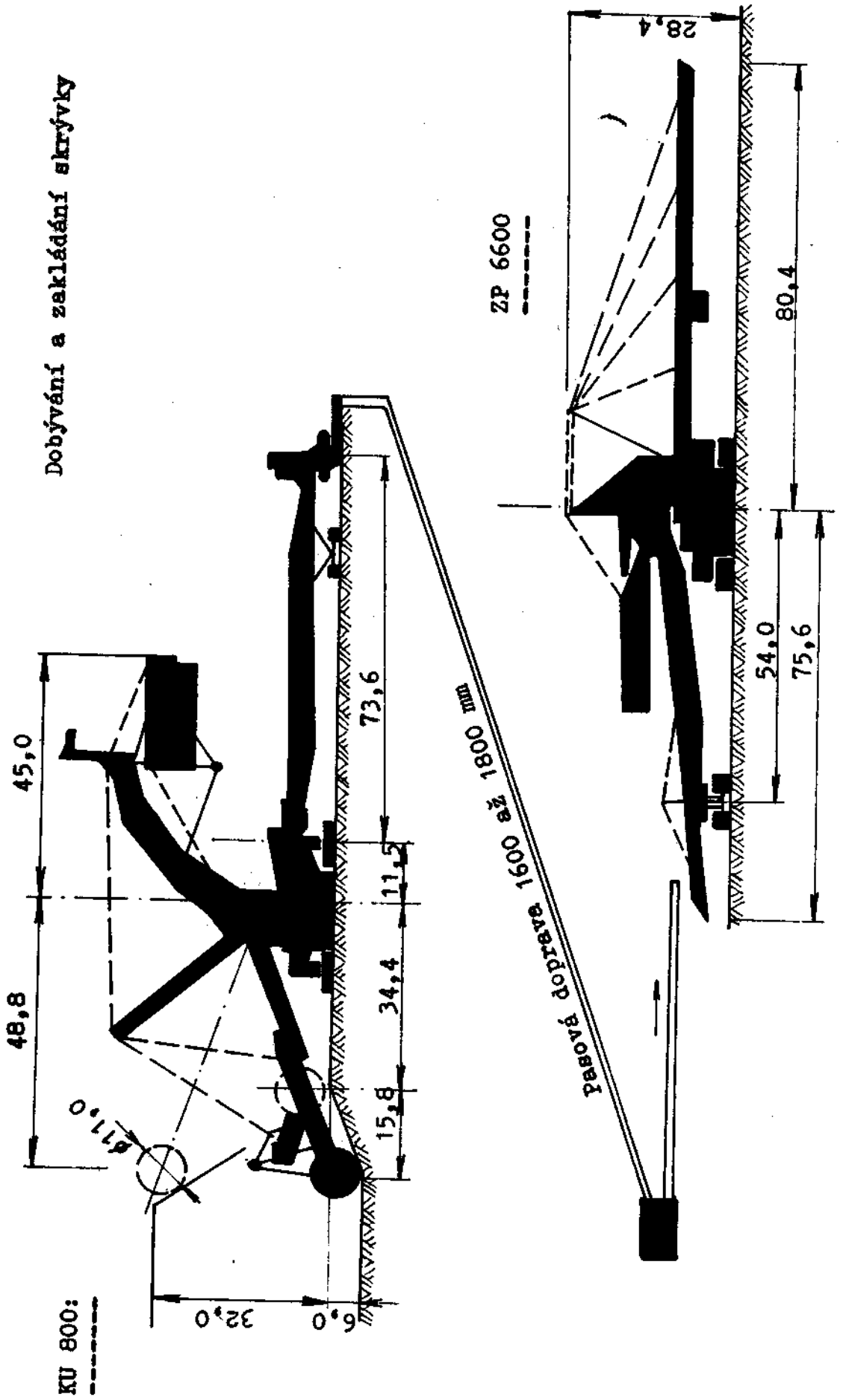




Návrh technologického celku

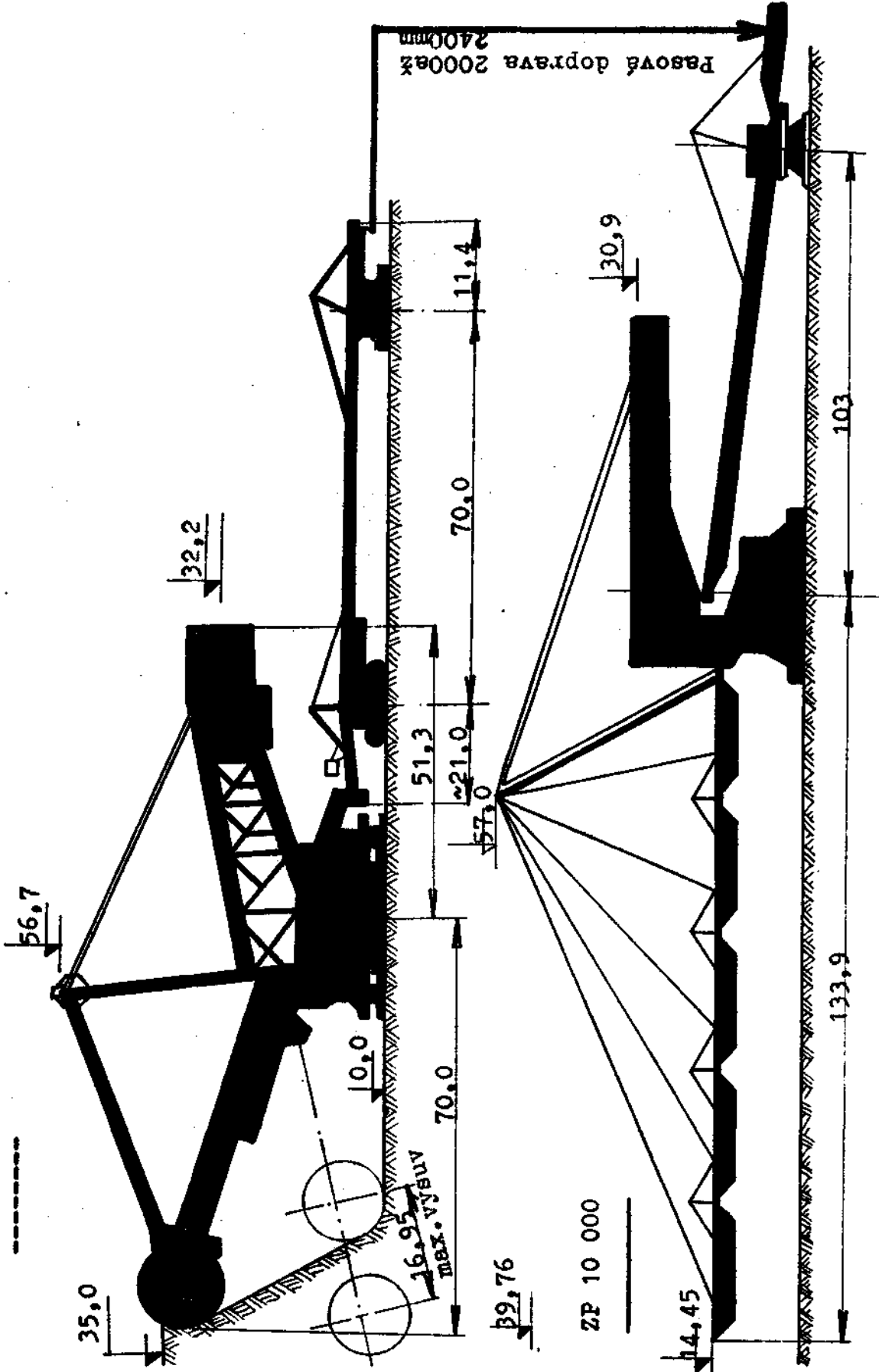
TC - 2

Dobývání a zakládání skřívky



Návrh technologického celku

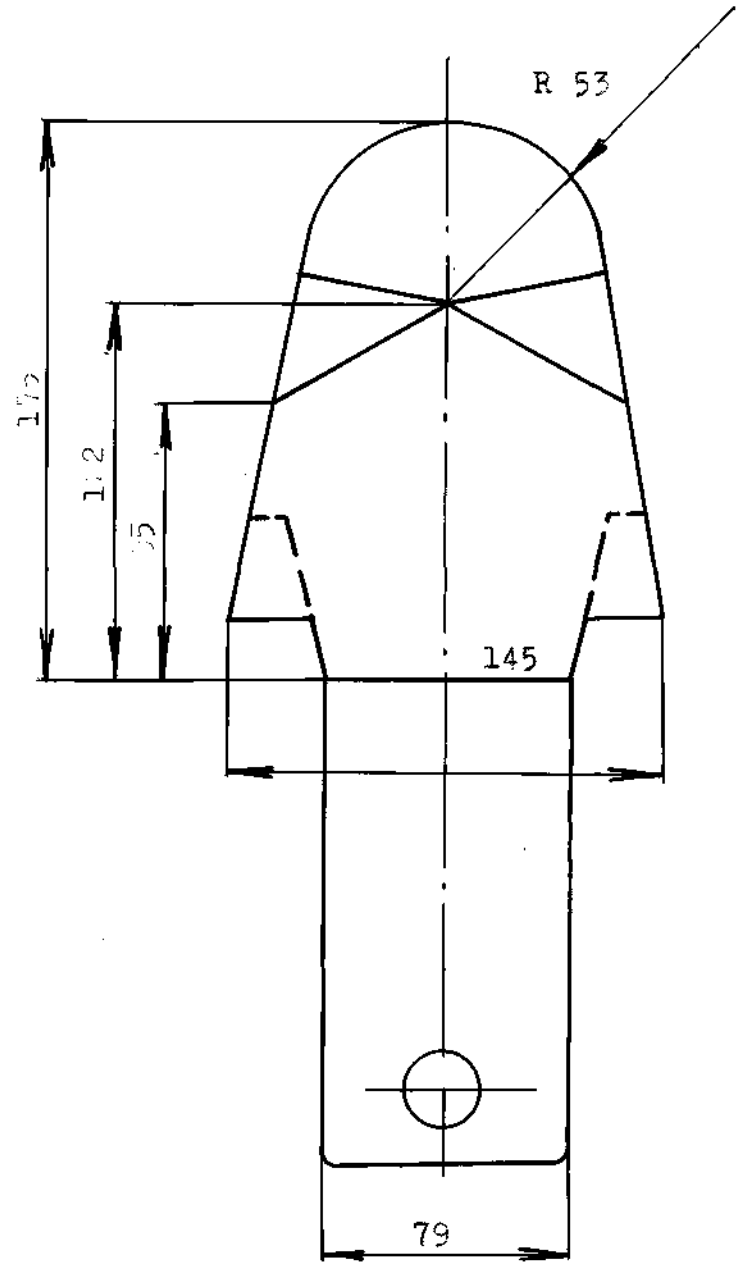
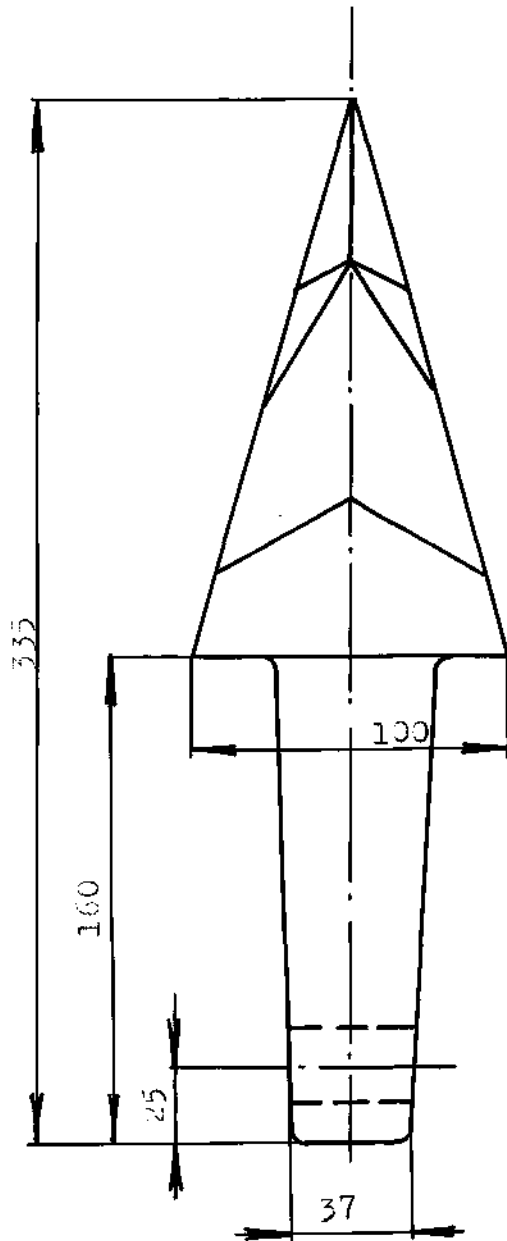
K 10 000



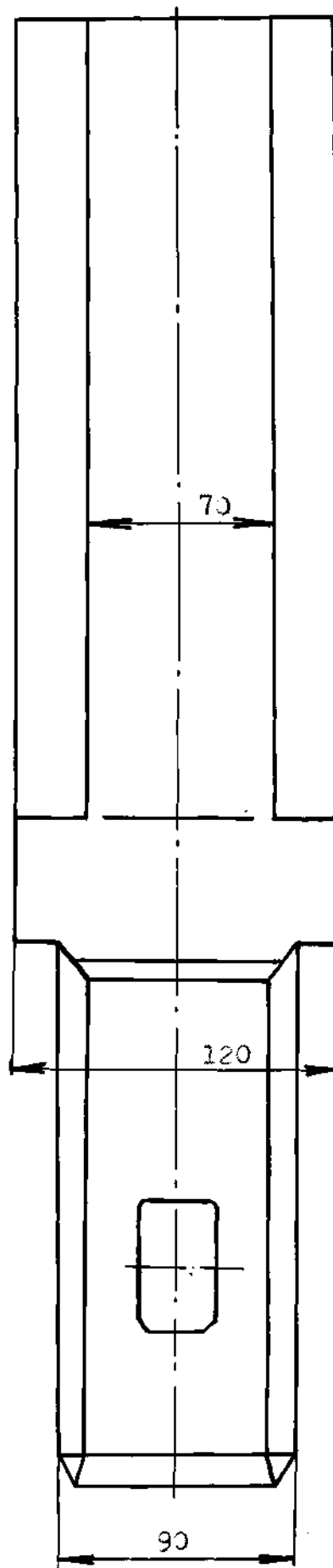
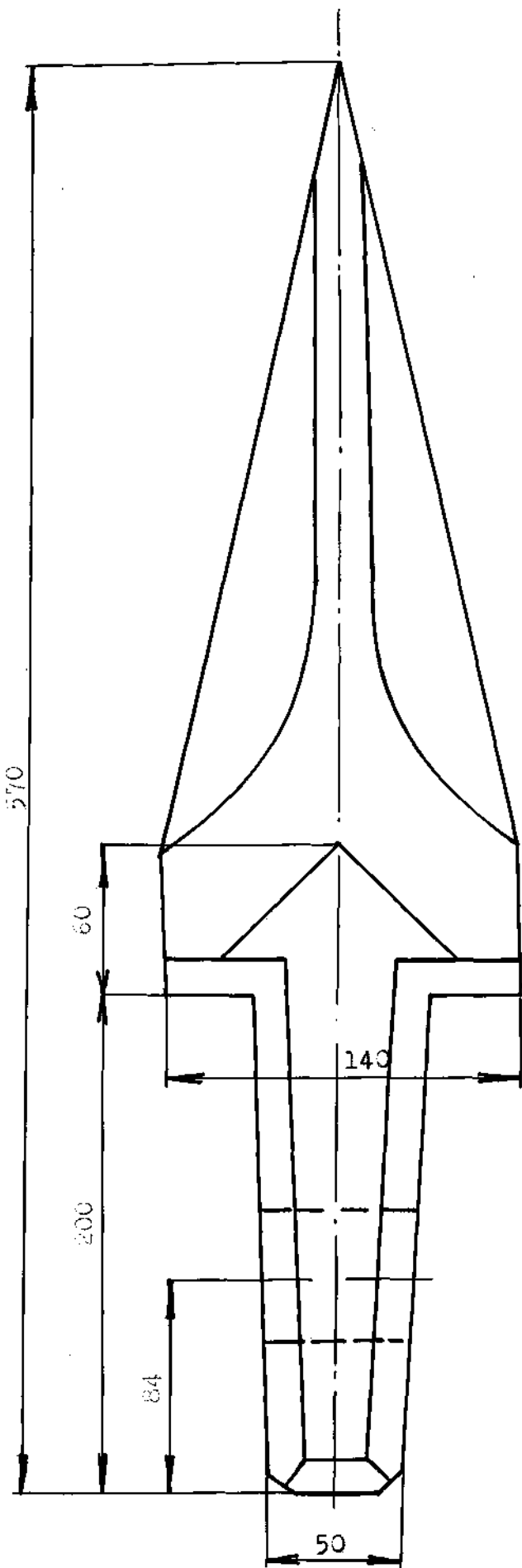
ZP 10 000

ZUB S KRUHOVÍM OSTŘÍM

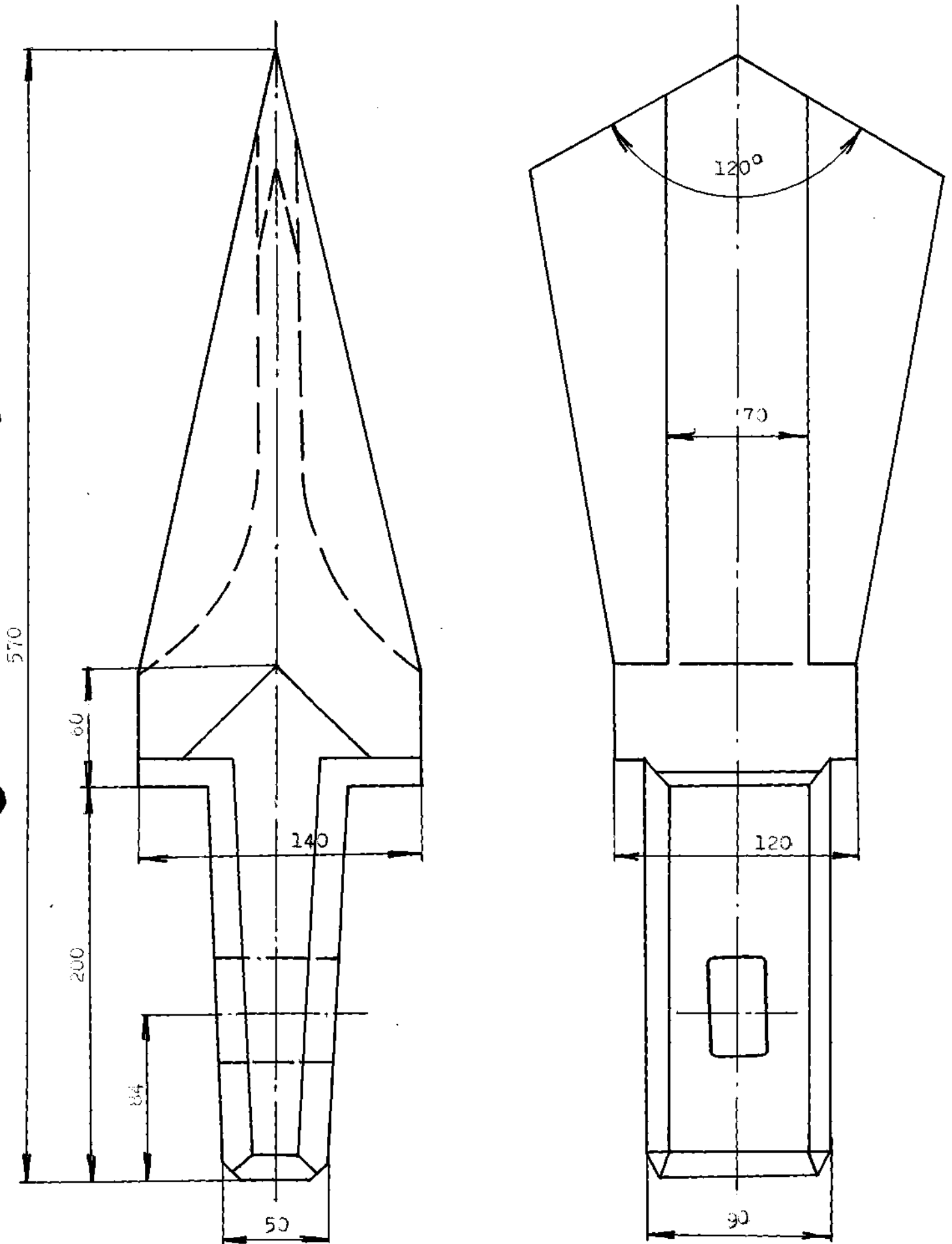
KU 800    SR<sub>S</sub> 1500    K 300  
KU 300                      K 800  
                                    K 1000

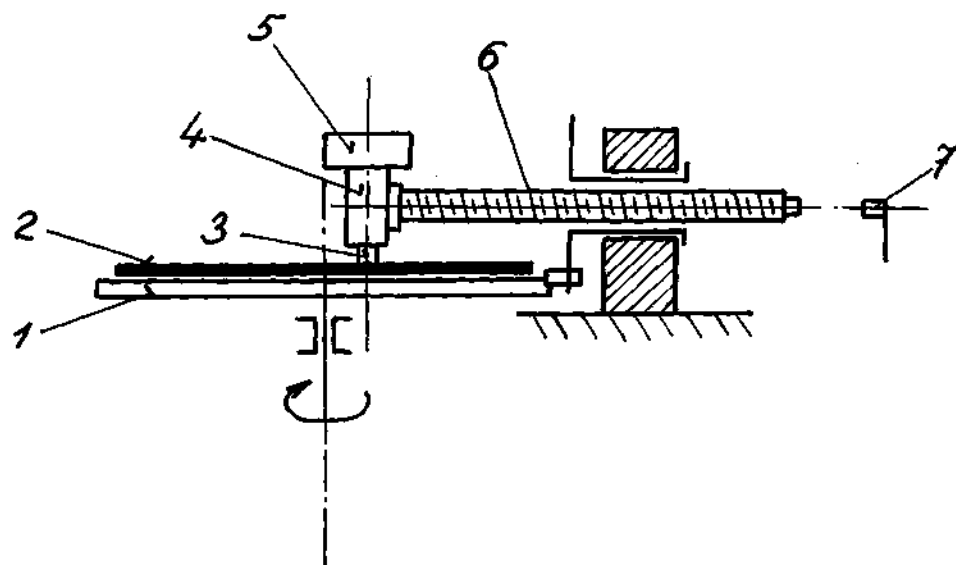


K L Í N O V Ý Z U B



KOPINATÝ ZUB K10000





- |   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| 1 | — | Přichytná deska pro abrazivní plátno |
| 2 | — | Abrazivní plátno                     |
| 3 | — | Vzorek                               |
| 4 | — | Upínací hlava                        |
| 5 | — | Závaží                               |
| 6 | — | Šroub                                |
| 7 | — | Koncový vypínač                      |

Schematický nákres přístroje s abrazivním plátnem

UKÁZKA VETKnutí ZUBŮ NA KOREČKU

