

Analýzy vnútorných a povrchových defektov valcov teplej valcovne.

Medzi vyšetrované nežiadúce udalosti na odbore Metalografia a analýzy porúch patria aj analýzy defektov valcov teplej valcovne. Zaoberáme sa hlavne poškodeniami, defektmi pracovných valcov a oporných valcov. Poškodenia pracovných a oporných valcov okrem dlhodobých prestojov môžu zapríčiniť aj výskyt defektov na valcovaných pásoch s prenosom až na finálny produkt. Dôležitým krokom je včasné zachytenie defektu a správna identifikácia. V prípade detegovania defektu s predpokladom vzniku počas výroby valca je o predmetnom výskyte informovaný výrobca valca.

Defekty valcov vzniknuté pri výrobe valcov

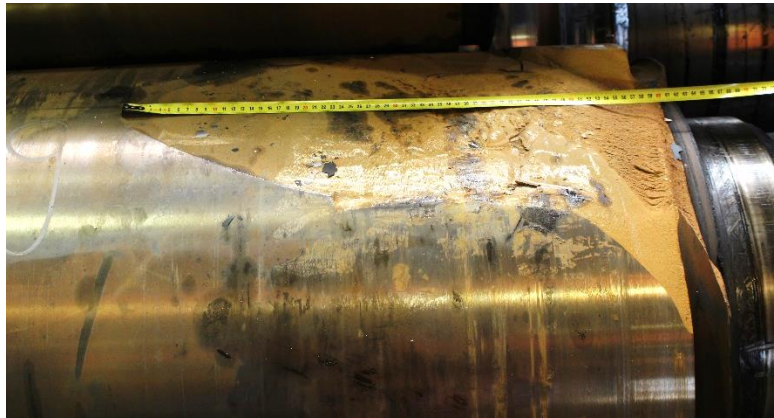
- Pórovitosť na rozhraní jadro pracovná vrstva
- Zmeny mikroštruktúry a iniciácie poškodení pracovných valcov (chemická štruktúrna heterogenita pracovnej vrstvy valca)
- Prítomnosť vmestkov, vodíkové hniezda vo vnútornom objeme valca
- Dutiny - prienik plynu počas odlievania alebo z formy

Vonkajšie defekty vzniknuté prevažne počas pracovnej životnosti valcov.

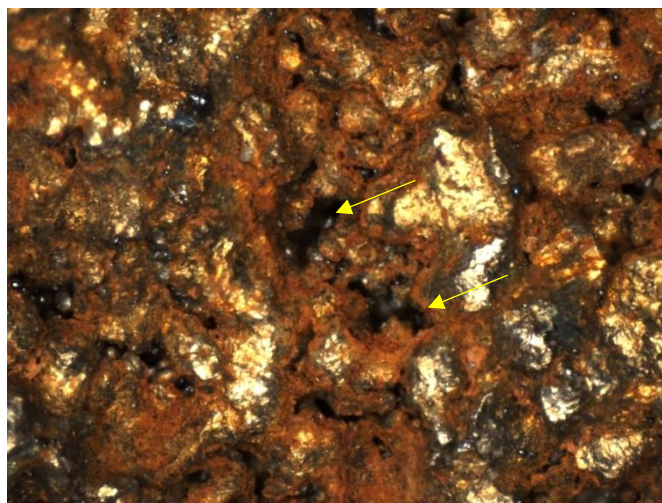
- Trhliny a rozvoj poškodenia v podpovrchovej oblasti dekohézia jadro pracovná vrstva
- Prehriatie pracovných valcov, lokálne prehriatie povrchu valca
- Degradácia povrchu valca – tvorba defektov tvaru „podkovičiek“ na valcoch typu ICDP (Indefinite Chilled Double Poured)

Pórovitosť na rozhraní jadro pracovná vrstva – valec typu HSS kde došlo k vylúpnutiu okrajovej oblasti valca.

Okrajová časť valca typu HSS s výskytom pórovitosti v prechodovej oblasti jadro pracovná vrstva

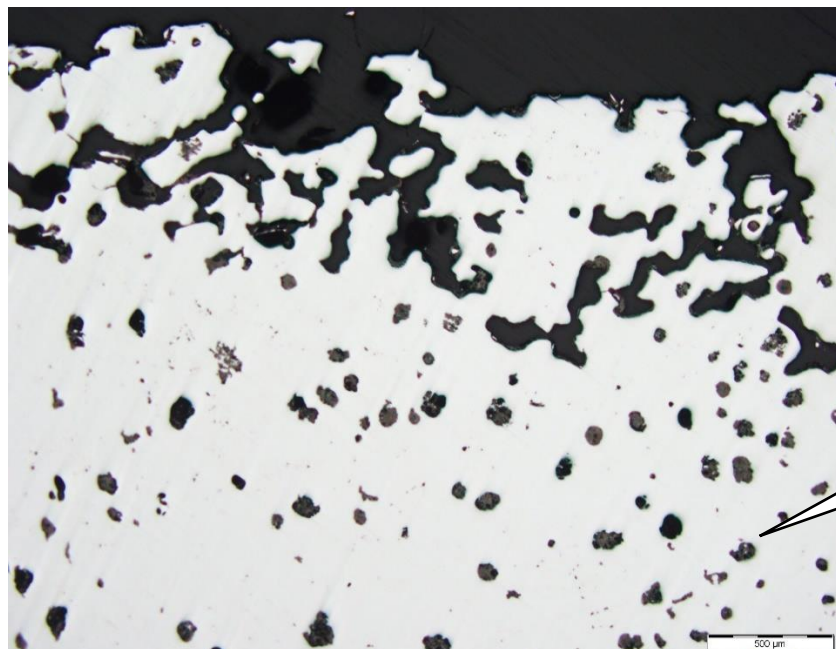


Pórovitosť na povrchu jadra valca bola makroskopicky pozorovateľná na povrchu odkrytého jadra



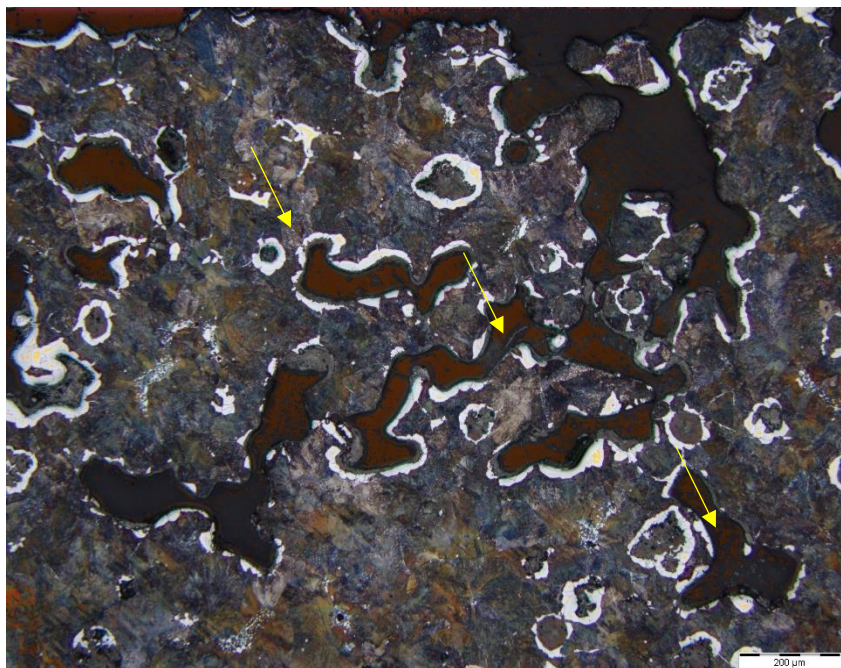
Detail pórovitosti povrchu jadra valca dokumentované mikroskopom zv. 6,7x

Priečne rezy vzorkami odobratými z prechodovej oblasti jadro pracovná vrstva v neleptanom a leptanom stave poukazujú na prítomnosť dutín.



Jadro valca – tvárna liatina

Vyššia hustota grafitických častíc jadra valca a prítomnosť dutín na rozhraní – neleptaný stav

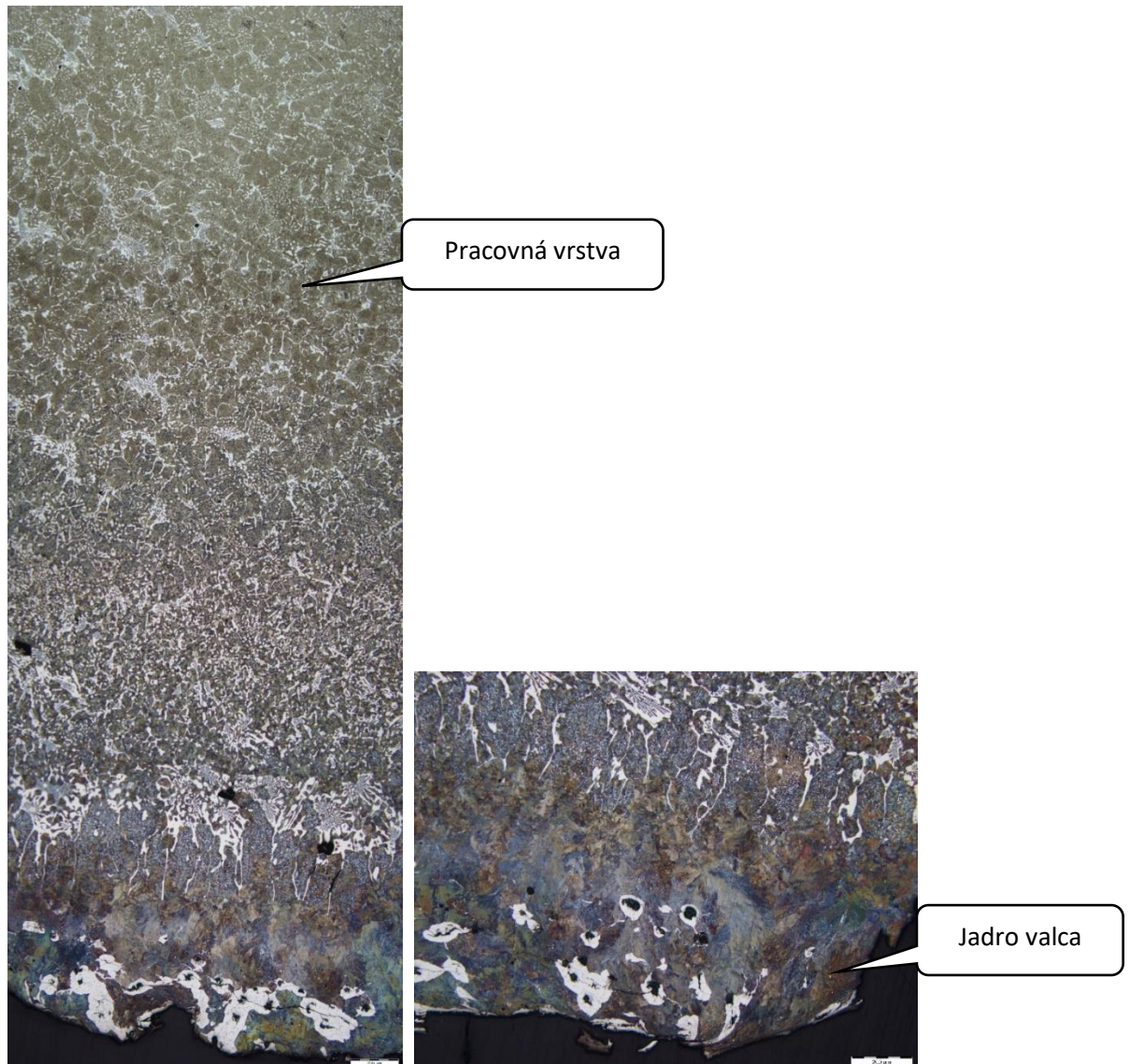


Priečne rezy odobratou vzorkou s výskytom dutín v prechodovej oblasti jadro valca - pracovná vrstva, leptaný stav. Prítomnosť dutín spôsobuje dekohéziu oblastí pracovná vrstva jadro valca.

Pozorovania prechodových oblastí odstredivo liatych valcov.

Analýzy poškodených valcov sú zamerané na monitorovanie prechodových oblastí jadro pracovná vrstva kde je preskúmaná a dokumentovaná prechodová oblasť a stavba pracovnej vrstvy valca so zameraním na prítomnosť dutín, výskyt grafitických zhlukov a pod.

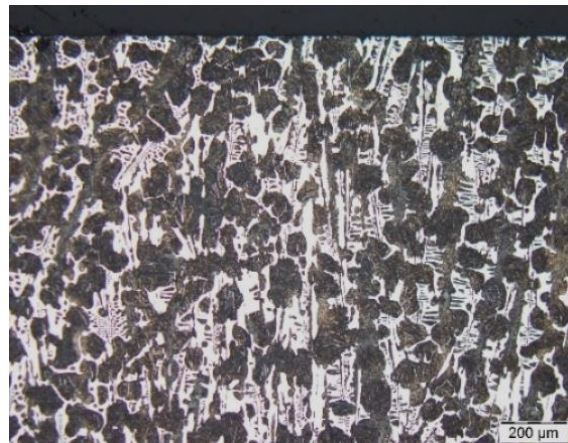
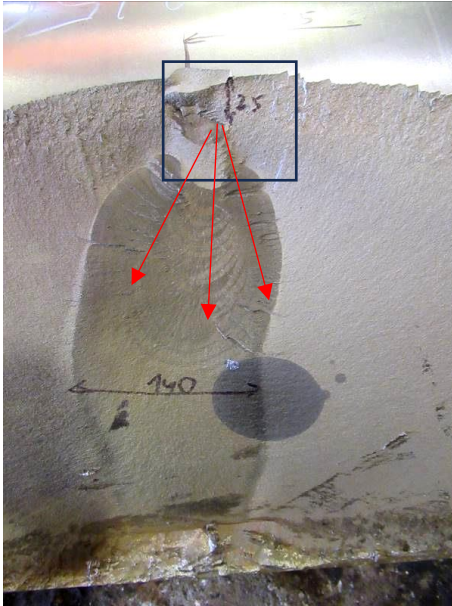
Na obrázku je zobrazená stavba pracovnej vrstvy a prechodová oblasť valca typu HSS. Jadro valca je tvorené tvárnou liatinou a pracovná vrstva podľa typu valcov martenzitickou maticou a karpidmi na báze karpidmi (Ti, V, Nb, W, V, Cr, Fe).



Monitorovanie prechodovej oblasti jadro pracovná vrstva valec typu HSS s prechodom od jadra do legovanej pracovnej vrstvy,

Zmeny mikroštruktúry a iniciácie poškodení pracovných valcov (chemická štruktúrna heterogenita pracovnej vrstvy valca)

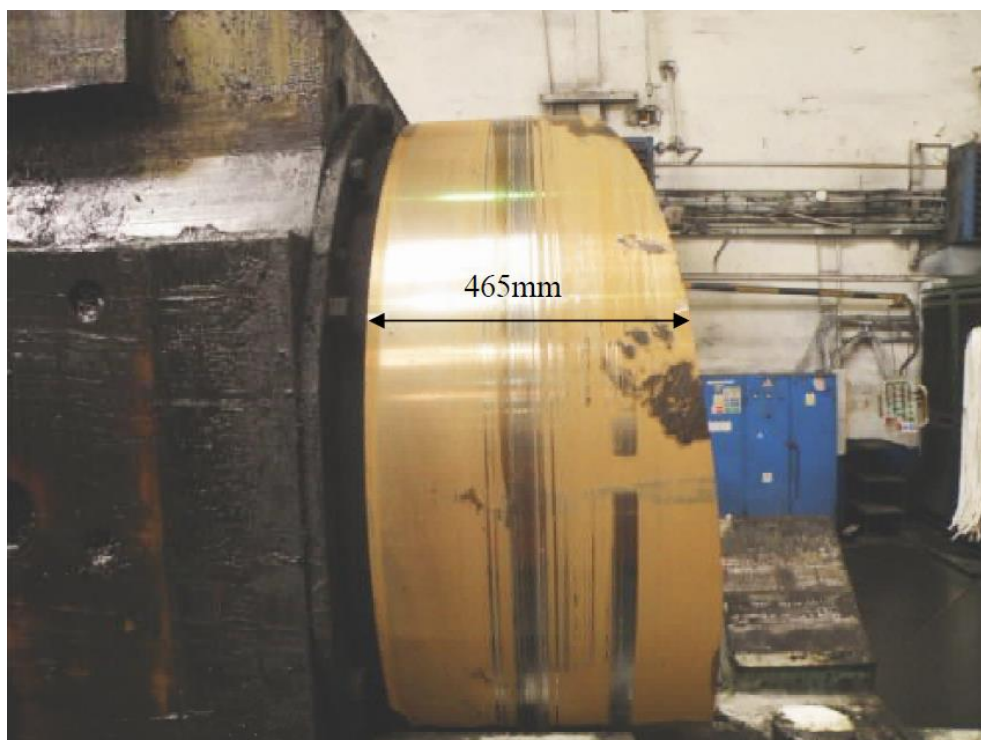
Poškodenie valca s iniciáciou v oblasti so štruktúrnou nehomogenitou, vzniknutou rýchlym odvodom tepla v povrchovej oblasti valca s medzidendritickým výskytom martenzitických ostrovčekov. Rozvoj trhlinového defektu bol únavovým mechanizmom.

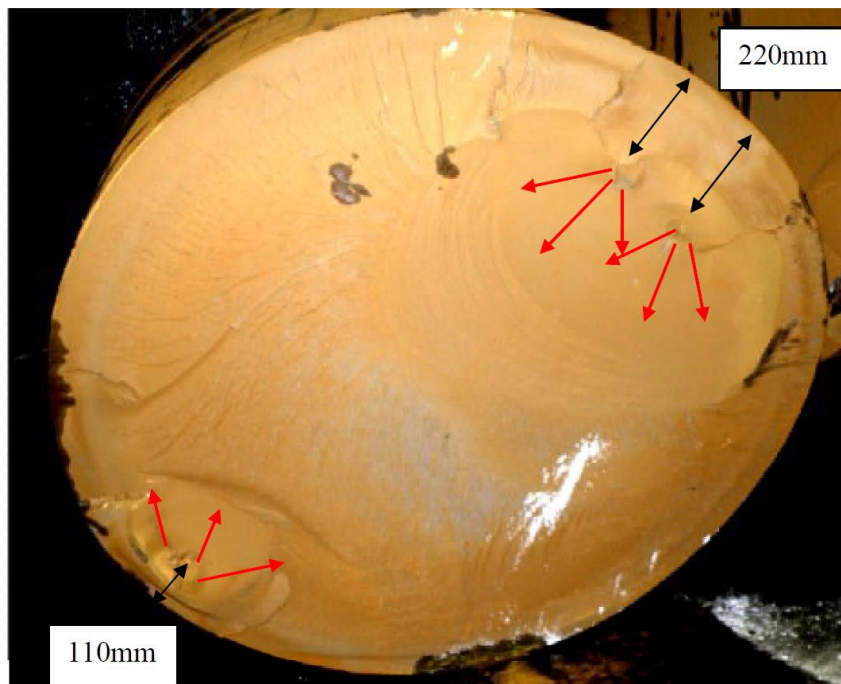


Medzidendridické usporiadanie martenzitických ostrovčekov vysoká rýchlosť ochladzovania, porovnanie s vyhovujúcou stavbou mikroštruktúry . Únavové poškodenia bolo iniciované z oblasti s pozorovanou zmenou mikroštruktúry.

Havárie oporných valcov s iniciáciou únavového poškodenia v mieste prítomnosti metalurgických defektov.

Zlomený oporný valec teplej valcovne priemeru $\varnothing 1500\text{mm}$

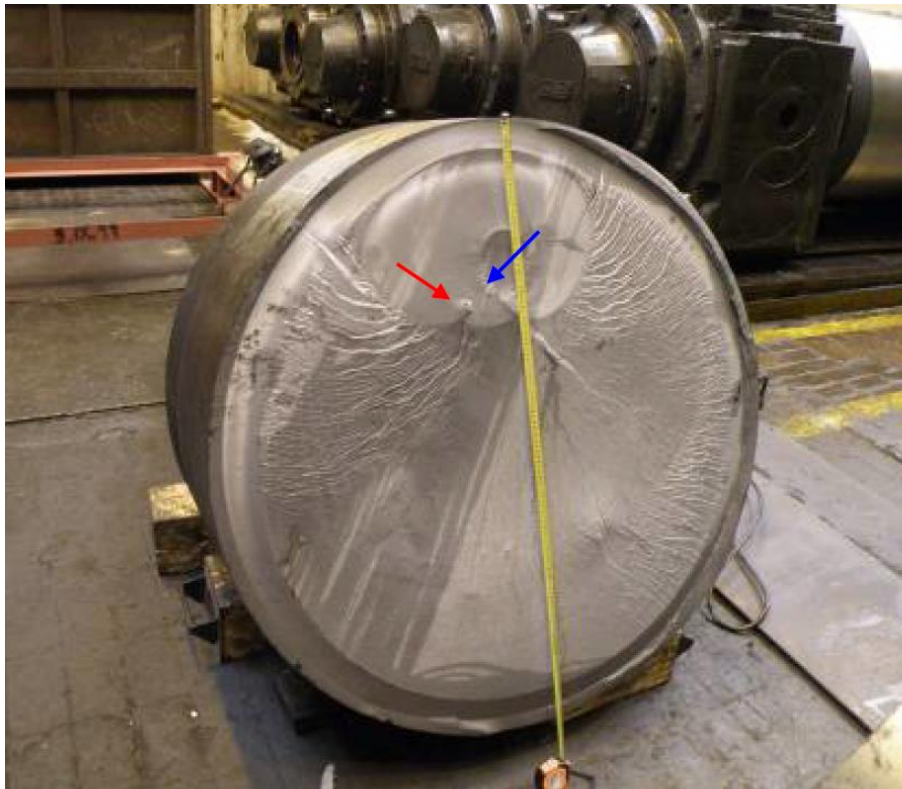




Detailný pohľad na defektnú iniciačnú oblasť bez odberu vzorky.

Výskyt metalurgických defektov 220mm pod povrchom a 110mm v podpovrchovej oblasti.

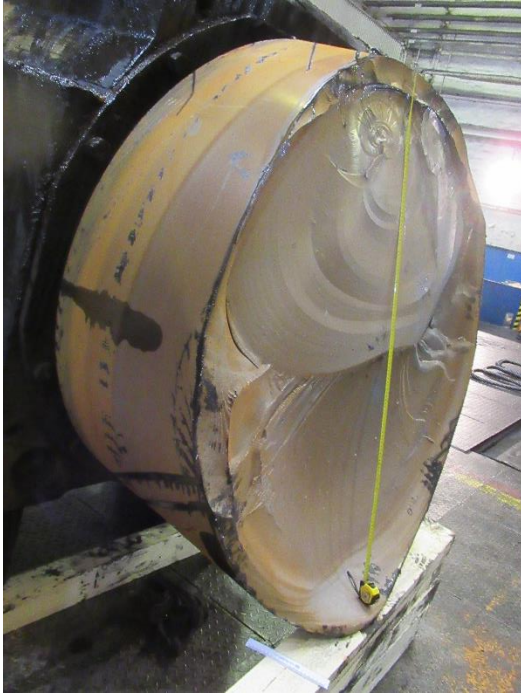
Oporný valec studenej valcovne dve iniciačné miesta 330 a 340mm od povrchu



Detailný pohľad na defektnú iniciačnú oblasť bez odberu vzorky.

Spoločným znakom havárie oporných valcov bola prítomnosť **metaurgických defektov** v podpovrchových oblastiach valcov a zlomenie valcov na začiatku ich prevádzkovej životnosti po dvoch až troch zabudovaniach.

Prítomnosť vodíka v objeme valca a únavové poškodenie oporného valca teplej valcovne



Dve iniciačné únavové oblasti s rozvojom únavovej trhliny asi do polovice prierezu oporného valca



Detailný pohľad na vodíkové hniezdo na lomovej ploche valca kruhového tvaru priemeru 10mm.

Pohľad na zvyšnú časť lomovej plochy s prítomnosťou vodíkových ohnísk.

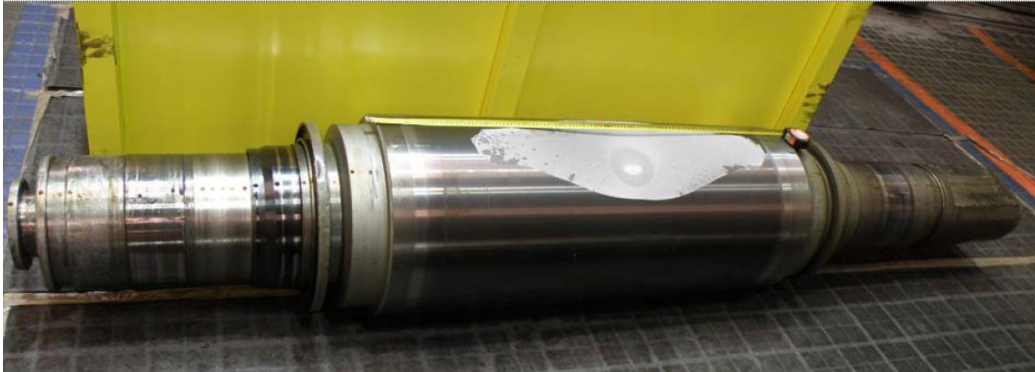


Prítomnosť menších vodíkových ohnísk na zvyškovej časti lomovej plochy s orientáciou kolmo na lomovú plochu.

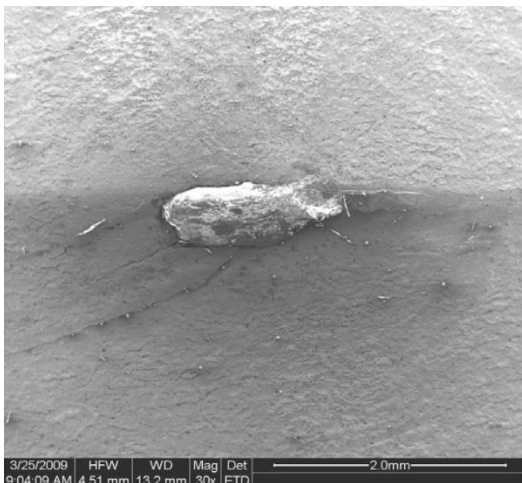
Zlomenie valca nastalo po niekoľkých zabudovaniach, valec bol navrhnutý na reklamáciu u výrobcu.

Oxidický vmestok v podpovrchovej oblasti pracovného valca DZ SVa

Po cyklickom obvodovom zaťažovaní pracovného valca po jeho pracovnom cykle vo výrobe na studenej valcovni došlo k vylúpnutiu povrchovej oblasti valca. Iniciátorom poškodenia bola prítomnosť oxidického vmestku v podpovrchovej oblasti.



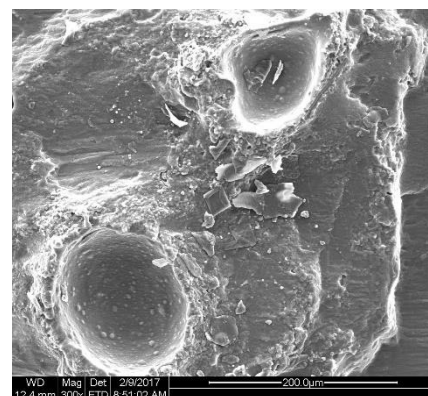
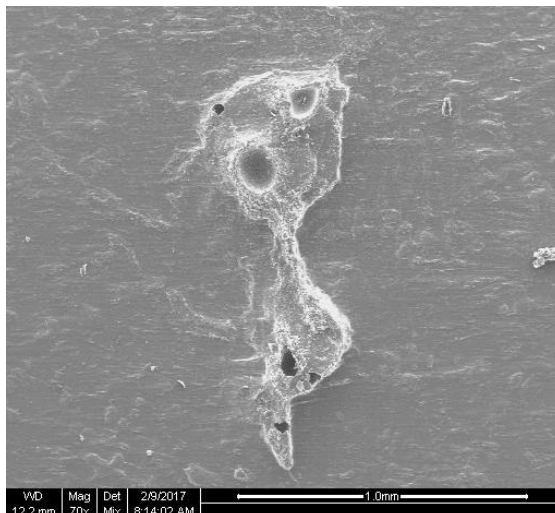
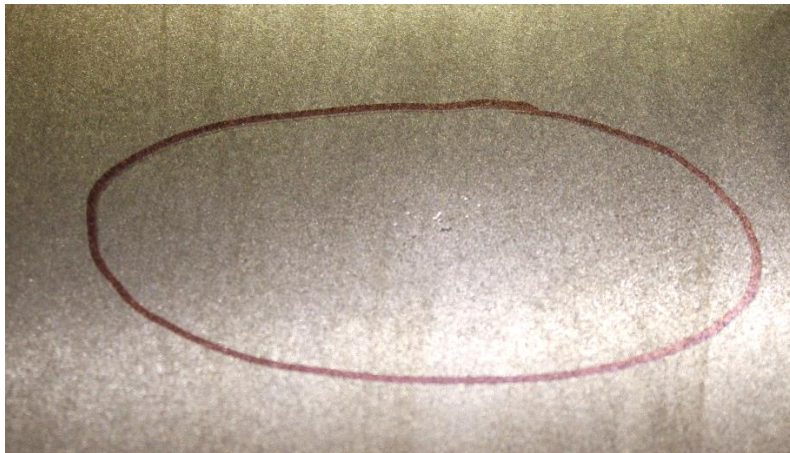
Detail rozvoja únavového poškodenia pri vysokocyklovom zaťažovaní (rybie oko, fish eye) v podpovrchovej oblasti pracovného valca s prítomnosťou oxidického prímestku.



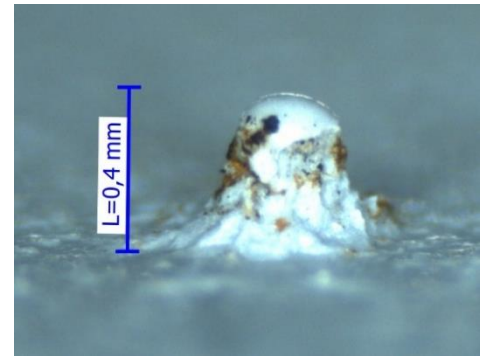
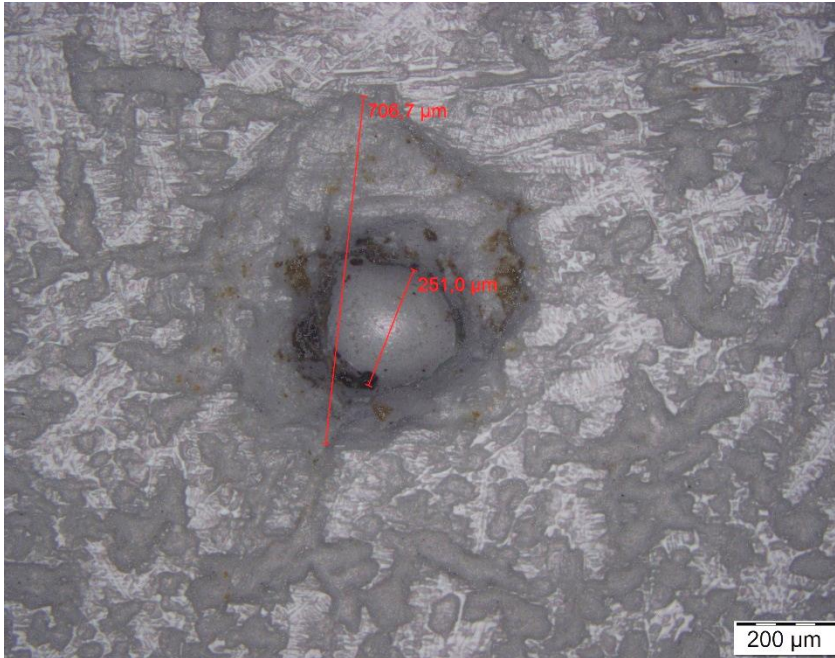
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	32.49	48.67
<i>NaK</i>	01.80	01.87
<i>MgK</i>	02.17	02.14
<i>AlK</i>	25.33	22.50
<i>SiK</i>	11.81	10.07
<i>KK</i>	01.94	01.19
<i>CaK</i>	18.16	10.86
<i>FeK</i>	06.30	02.70
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

Detailný pohľad na prítomnosť oxidického prímestku veľkosti asi 1m a jeho EDX chemická analýza.

Prítomnosť dutinových defektov v pracovnej vrstve valca analýza pomocou otláčkov Repliset



Pri analýzach povrchových defektov valcov sme pristúpili k odberu otláčkov Repliset z defektných oblastí, tieto boli pozorované a dokumentované optickými mikroskopmi.



Dokumentované typy defektov poukazujú na prítomnosť dutín v podpovrchovej oblasti pracovnej vrstvy valca ktoré sa po brúsení a opotrebení otvorili a preniesli na valcovaný materiál. Výskyt defektov bol pozorovaný na začiatku prevádzkovej životnosti valca po prvých obrusoch.

Vonkajšie defekty vzniknuté prevažne počas pracovnej životnosti valcov.

Trhliny a rozvoj poškodenia v podpovrchovej oblasti dekohézia jadro pracovná vrstva.

Medzi najčastejšie poškodenia pracovných valcov možno zaradiť únavové poškodenia s iniciáciou a šírením poškodenia z povrchovej trhliny. Pri uvedených mechanizmov poškodení valcov preverujeme aj chemické zloženia pracovnej vrstvy a dokumentujeme rozhranie jadro pracovná vrstva.

Únavové šírenie trhlinového defektu z povrchovej oblasti

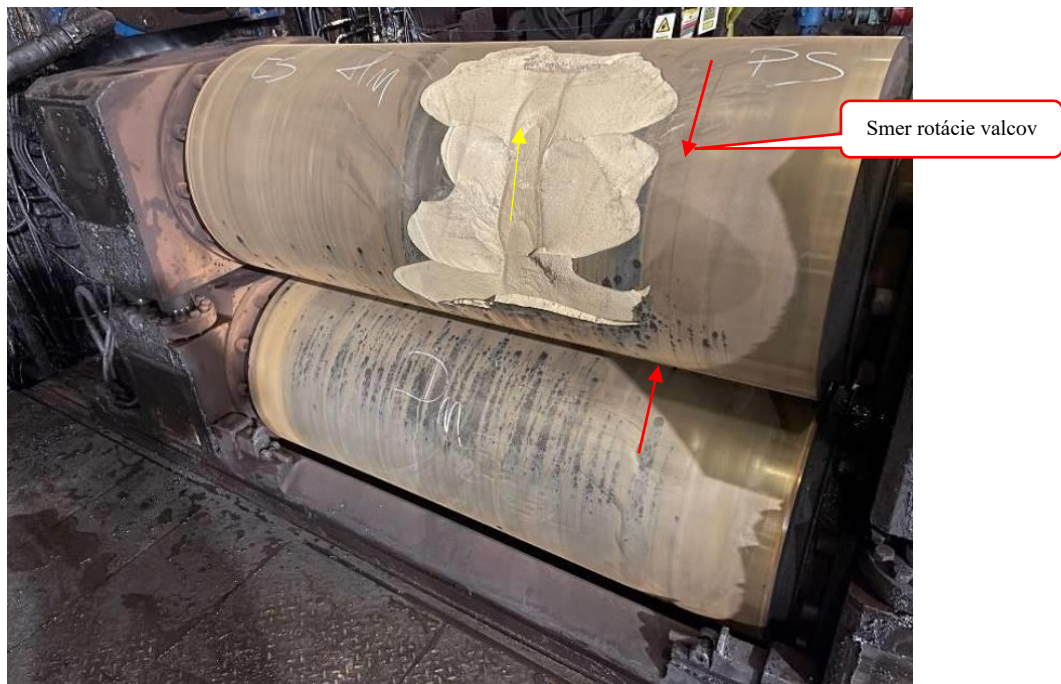
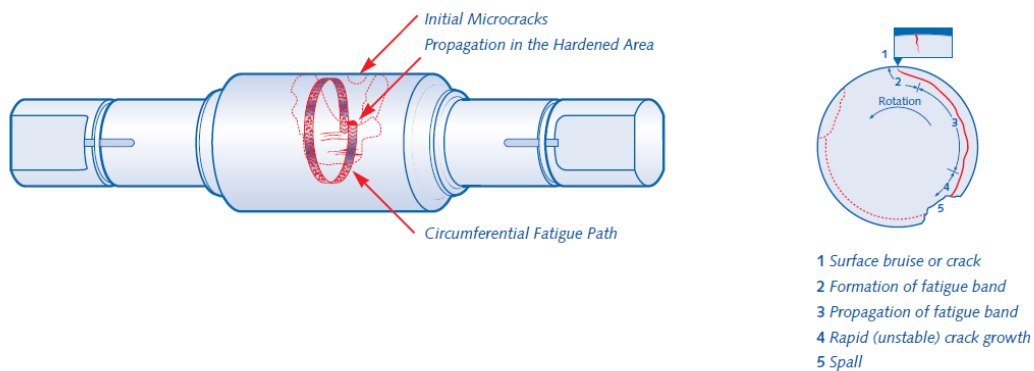


Schéma šírenia trhlinového defektu z povrchu valca



Bolo preverené aj chemické zloženie materiálu pracovnej vrstvy a nesúlad s deklaroványm chemickým zložením.

Dokumentácia hrúbky odlúpnutej pracovnej vrstvy valca HSS a chemická analýza pracovnej vrstvy.



Hrúbka odlúpnutej pracovnej vrstvy



Detail únavového rozvoja pod pracovnou vrstvou

	Pracovná vrstva Namerané	Pracovná vrstva Výrobca
C	3,14	3 – 3,4
Mn	0,86	0,5 – 1,0
Si	2,35	0,5 – 1,1
P	0,028	0,01 max
S	0,028	0,04 max
Al	0,09	-
Cu	0,127	-
Ni	4,70	4,0 – 4,6
Cr	1,55	1,2 – 2,0
As	-	-
Ti	-	-
V	2,094	-
Nb	0,434	-
Mo	2,704	0,2 – 0,5

Chemická analýza pracovnej vrstvy

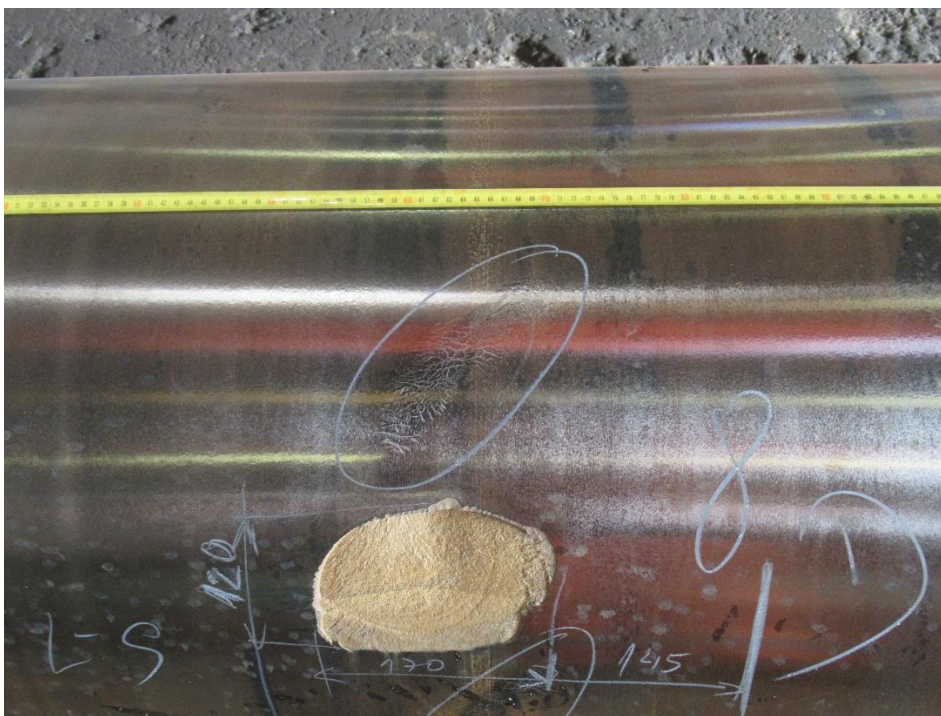
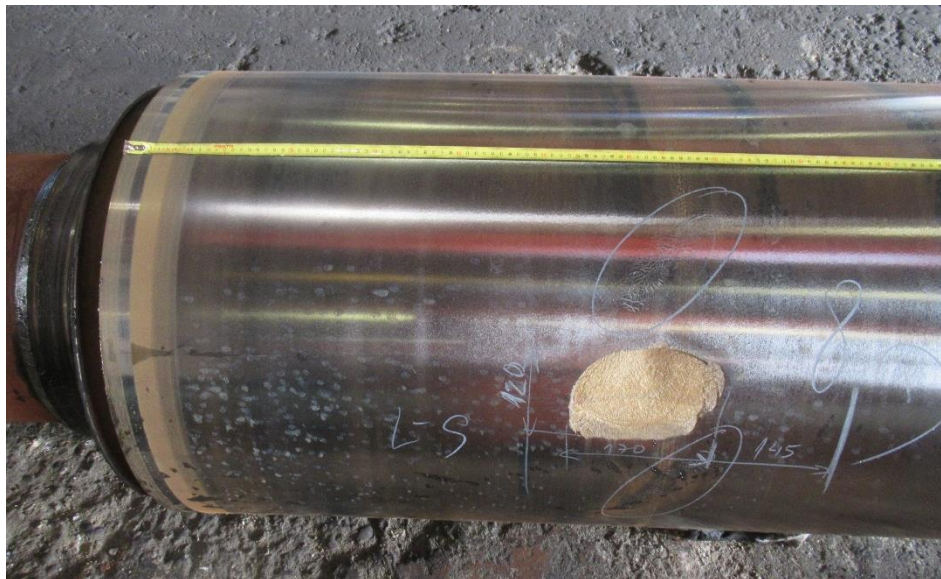
Chemická analýza pracovnej vrstvy preukázala nezhodu s chemickým zložením deklarovaným výrobcom valcov podľa predloženej karty valca od výrobcu. Na základe tejto nezahody bol daný návrh návrh na reklamáciu valca.

Prehriatie pracovných valcov, lokálne prehriatie povrchu valca



Prehriatie povrchov valcov viedlo k výraznému tepelnému rozdielu teplôt medzi povrchom a jadrom valca, Rozdiel teplôt vyvoláva rozdiely medzi povrchovými napätiami a napätiami v jadre valca ktoré spôsobili deštrukciu tela valca.

Lokálne prehriatie povrchu pracovného valca.

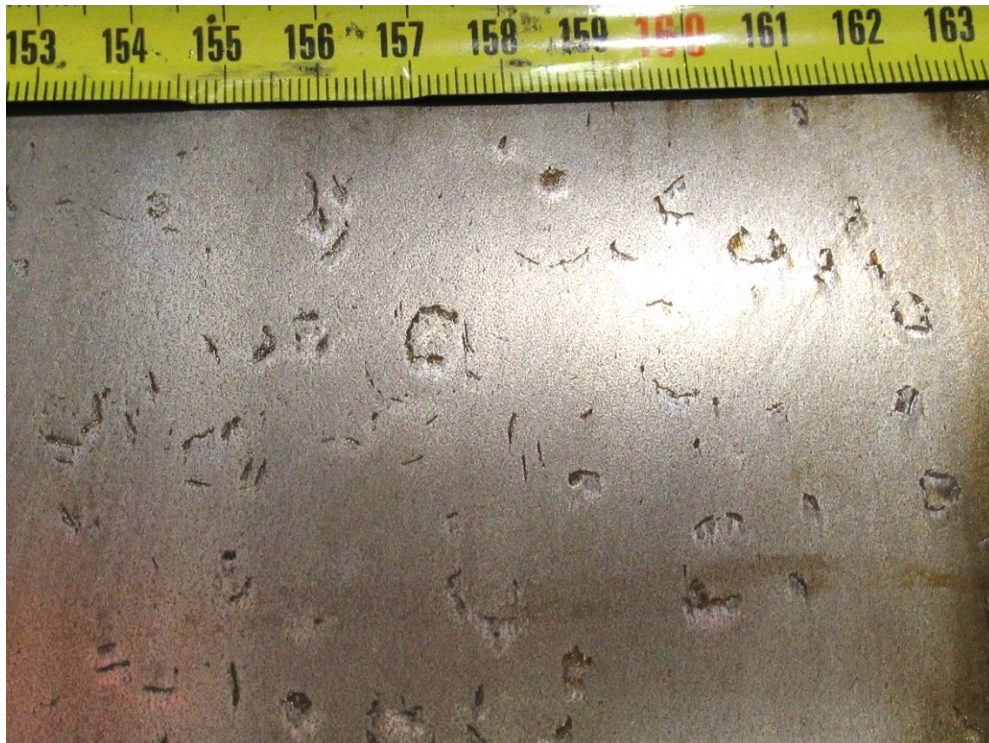
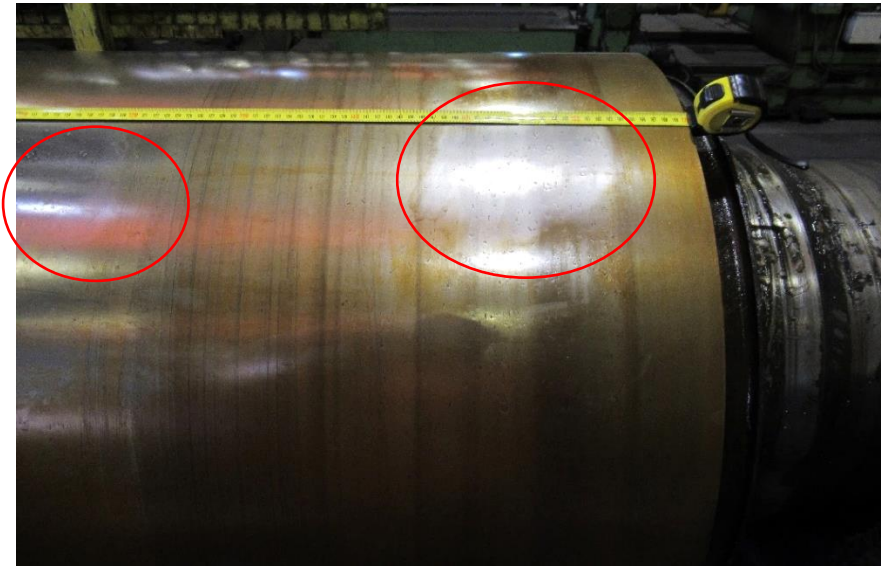


Lokálne prehriatie povrchu valca spôsobilo vznik pavúkovitých trhlín a zároveň došlo k separácii pracovnej vrstvy od jadra valca s následným vylúpnutím časti pracovnej vrstvy valca.

**Degradácia povrchu valca – tvorba defektov tvaru „podkovičiek“ na valcoch typu
ICDP**

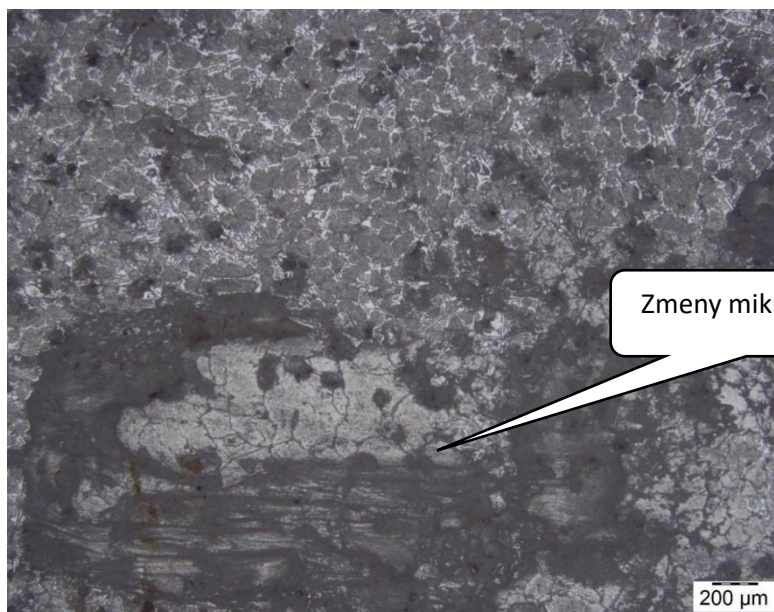
(Indefinite Chilled Double Poured)

Výskyt defektu na počiatku životnosti valcov.



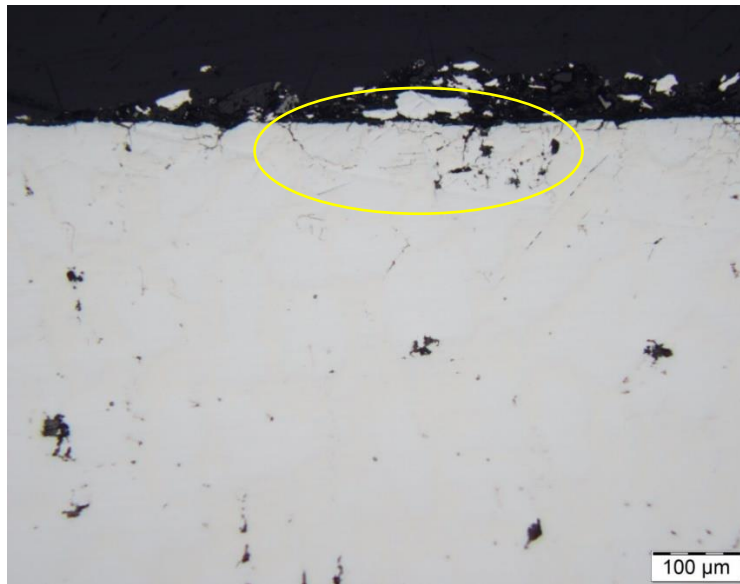
Povrch valca s výskytom defektov tvaru podkovičiek častý defekt na povrchu valcov typu ICDP.

Vzorka otláčku Repliset s pozorovaním mikroštruktúry povrchu valca na optickom mikroskope

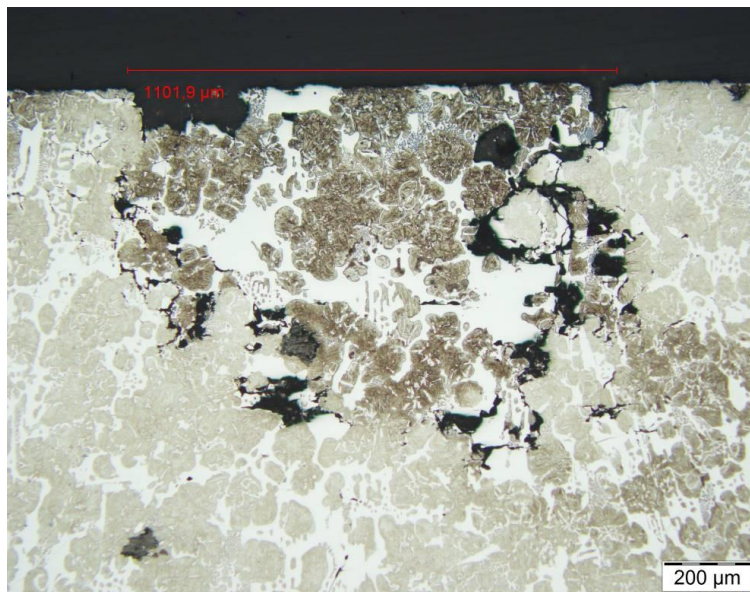


Leptaný stav povrchu valca preukazoval zmeny mikroštruktúr v defektnej oblasti a okolí výskytu povrchových defektov „podkovičiek“ preto boli valce postúpené na reklamačné konanie. Zmeny mikroštruktúr boli pripísané segregáčnym procesom počas odlievania. Reklamácia bola prijatá.

Mechanizmus degradácie povrchu pracovných valcov typu ICDP



Prvotný výskyt mikrotrhlín v cementitickej oblasti



Inicácia a rast povrchových defektov tvaru podkovičiek je spojený s degradáciou povrchu. Rozvoj trhlín v krehkej cementitickej oblasti závisí od počtu cyklov od prevádzkových teplôt počas prevádzkovania valca, rýchlosť šírenia defektov ovplyvňuje tvar, veľkosť grafitu, hustota jeho distribúcie v podpovrchovej oblasti. Všeobecne platí, že sferoidizované grafitické častice by mali zastavovať šírenie mikrotrhlinových defektov. Eliminácia tohto typu defektu bola v našich podmienkach eliminovaná zvýšenými úbermi pri brúsení povrchov valcov.