

Poruchy ložisek

Vady nových ložisek před uvedením do provozu:

- Výrobní (rozměrové nepřesnosti, brusné trhliny, tepelné zpracování)
- Materiálové (čistota materiálu, rozložení karbidických fází, chemické složení)

Vady způsobené únavou materiálu ve valivém styku:

- Povrchová styková únava
- Podpovrchová styková únava

Vady způsobené vnějšími vlivy:

- Mazání
- Znečištění
- Koroze
- Průchod elektrického proudu přes ložisko
- Nevhodná volba ložiska pro dané uložení
- Neodborně provedená montáž

Poruchy ložisek
způsobené výrobními
vadami.

Spálení povrchu při brusných operacích

- Brusné trhliny způsobí svým silným vrubovým účinkem lom kroužku ložiska při provozním zatížení nebo již při montáži.

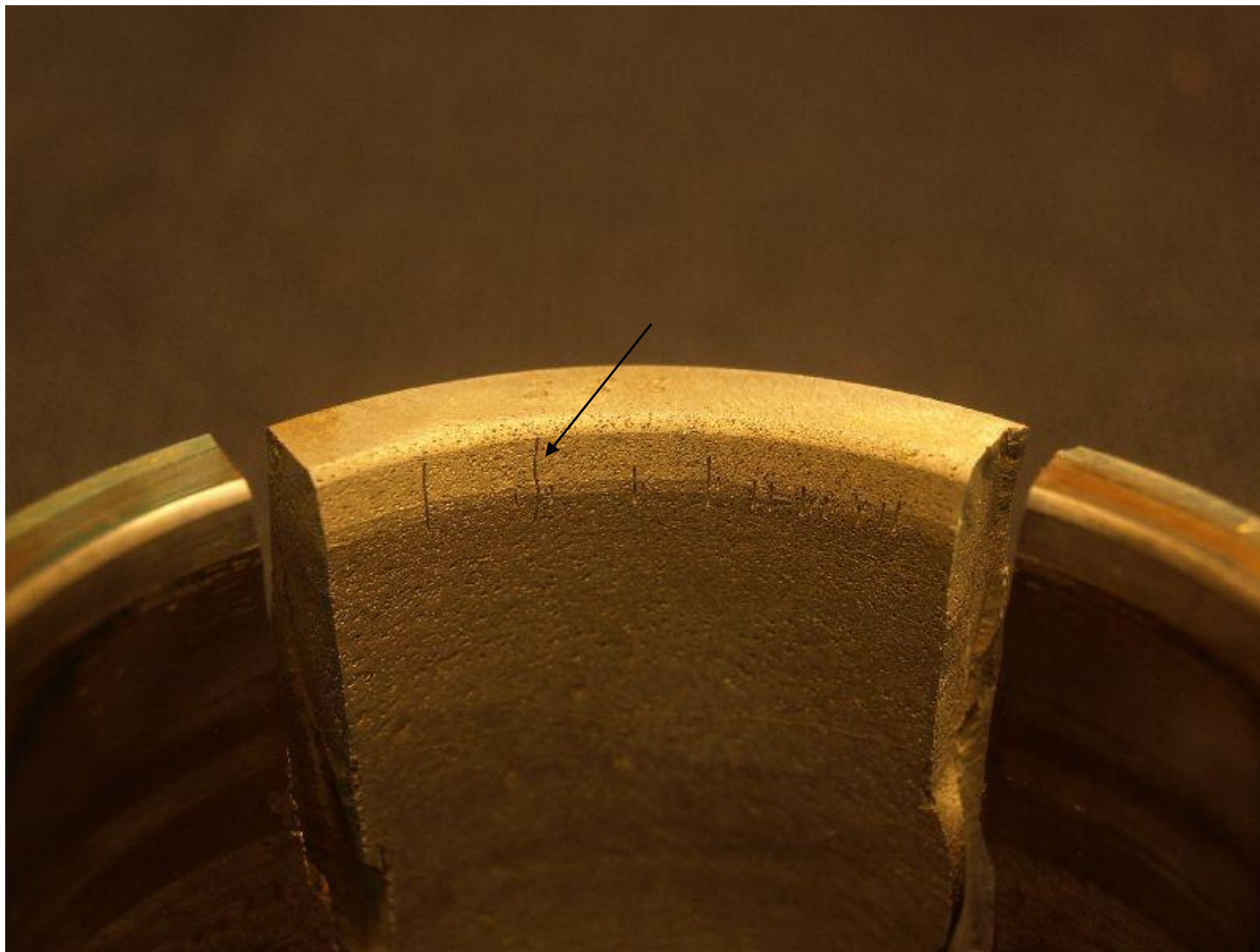
22313EW33J, lož.č.23
Vnitřní kroužek



22313EW33J, lož.č.23

Vnitřní kroužek

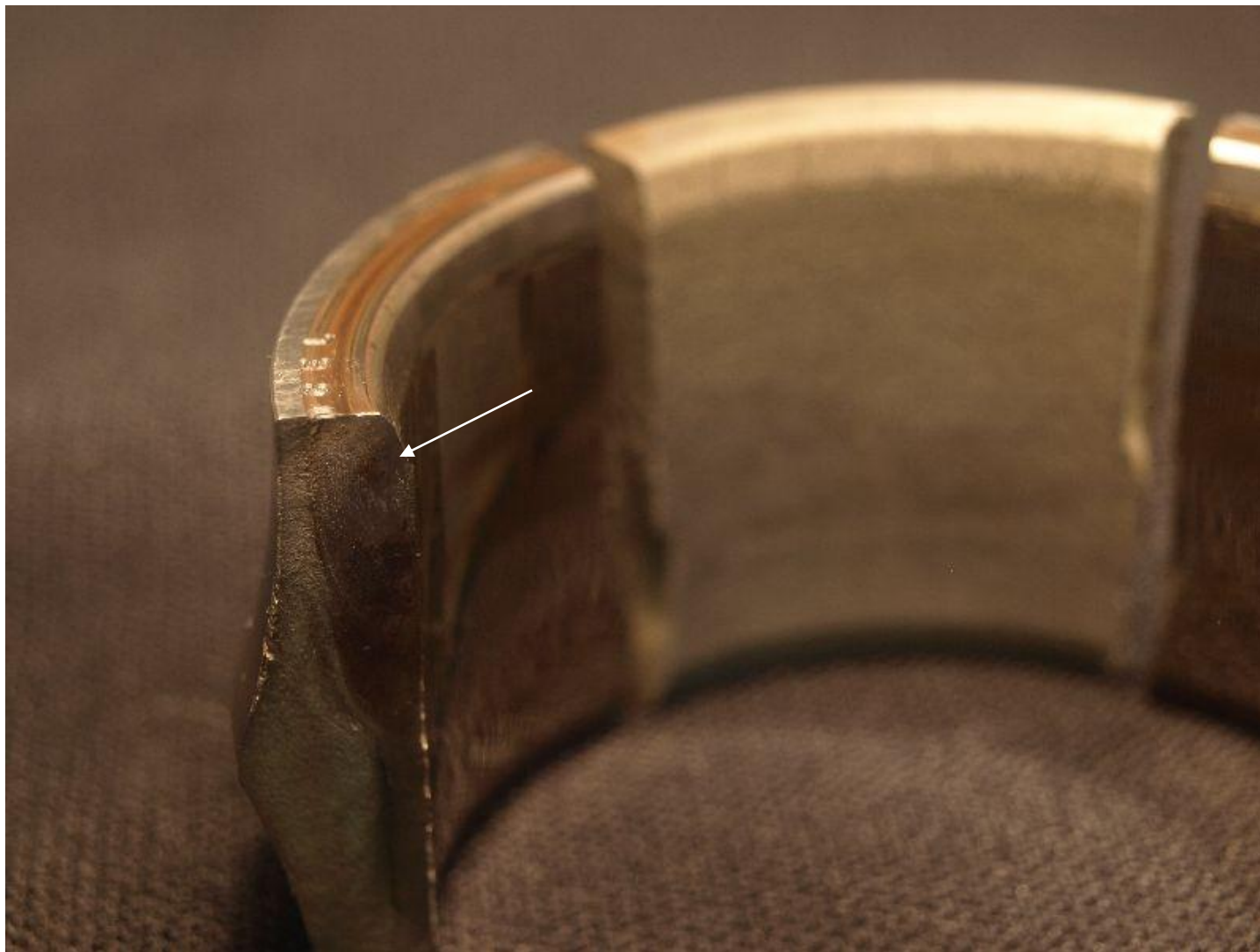
Část makroleptána – šipkou označeny brusné trhliny na okraji díry u značeného čela..



22313EW33J, lož.č.23

Vnitřní kroužek

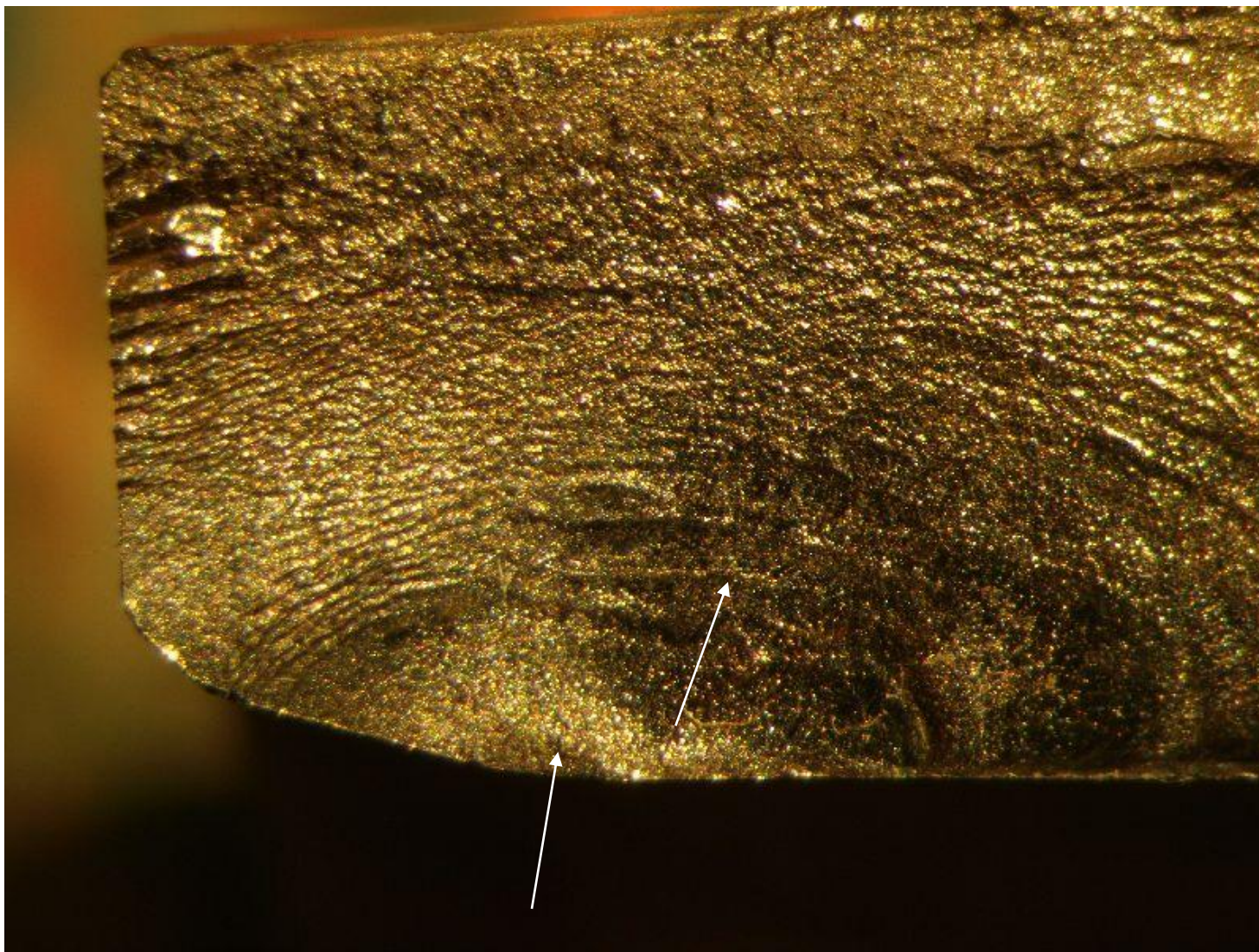
Únavový počátek lomu na brusné trhlíně.



22313EW33J, lož.č.23

Vnitřní kroužek

Únavový počátek lomu na brusné trhlině s růstovými čarami.



NU 321

Vnitřní kroužek – lom

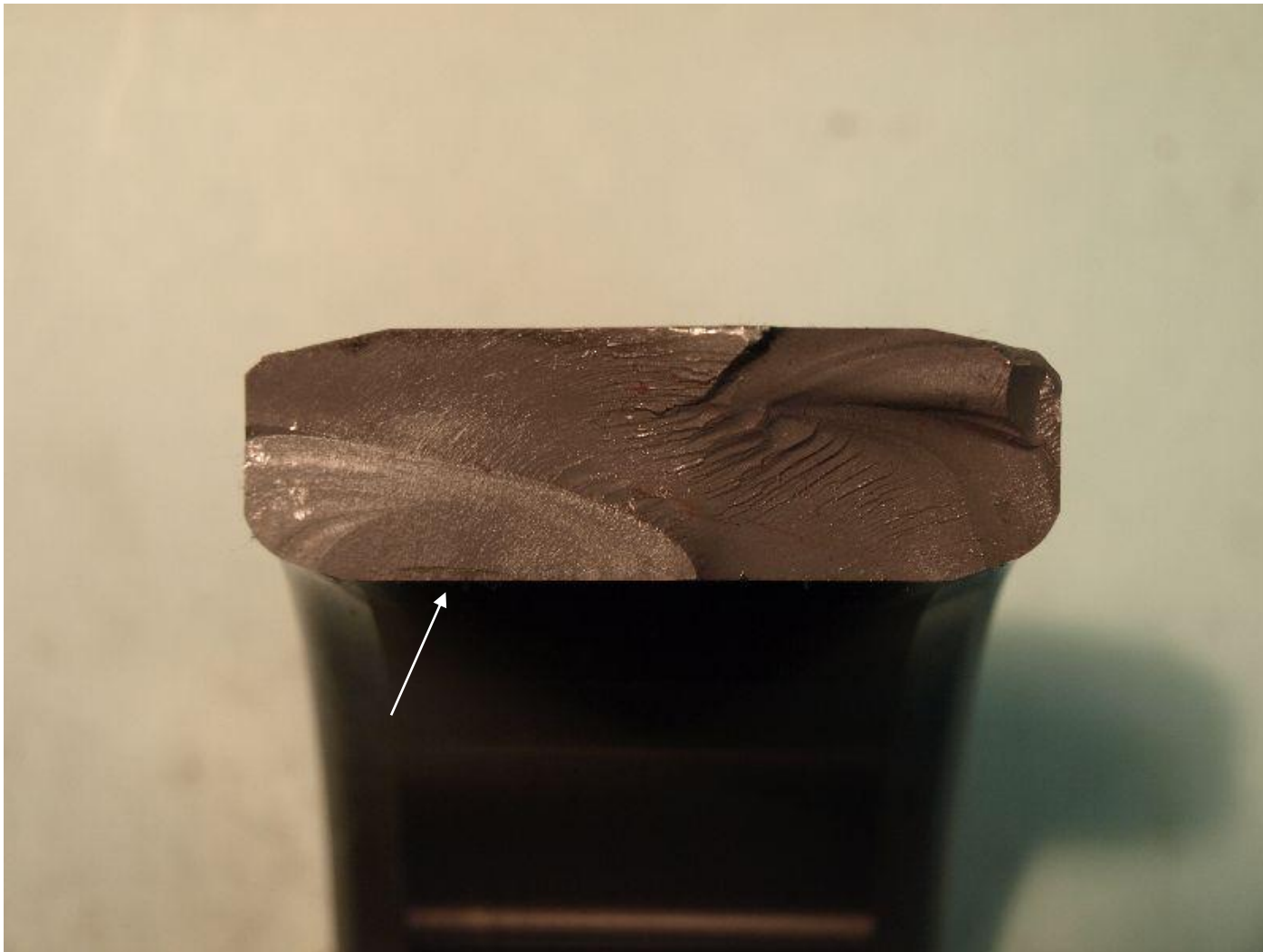
Zv.: makro



NU 321

Vnitřní kroužek – plocha lomu na úlomku, šipkou označeno iniciační místo.

Zv.: makro



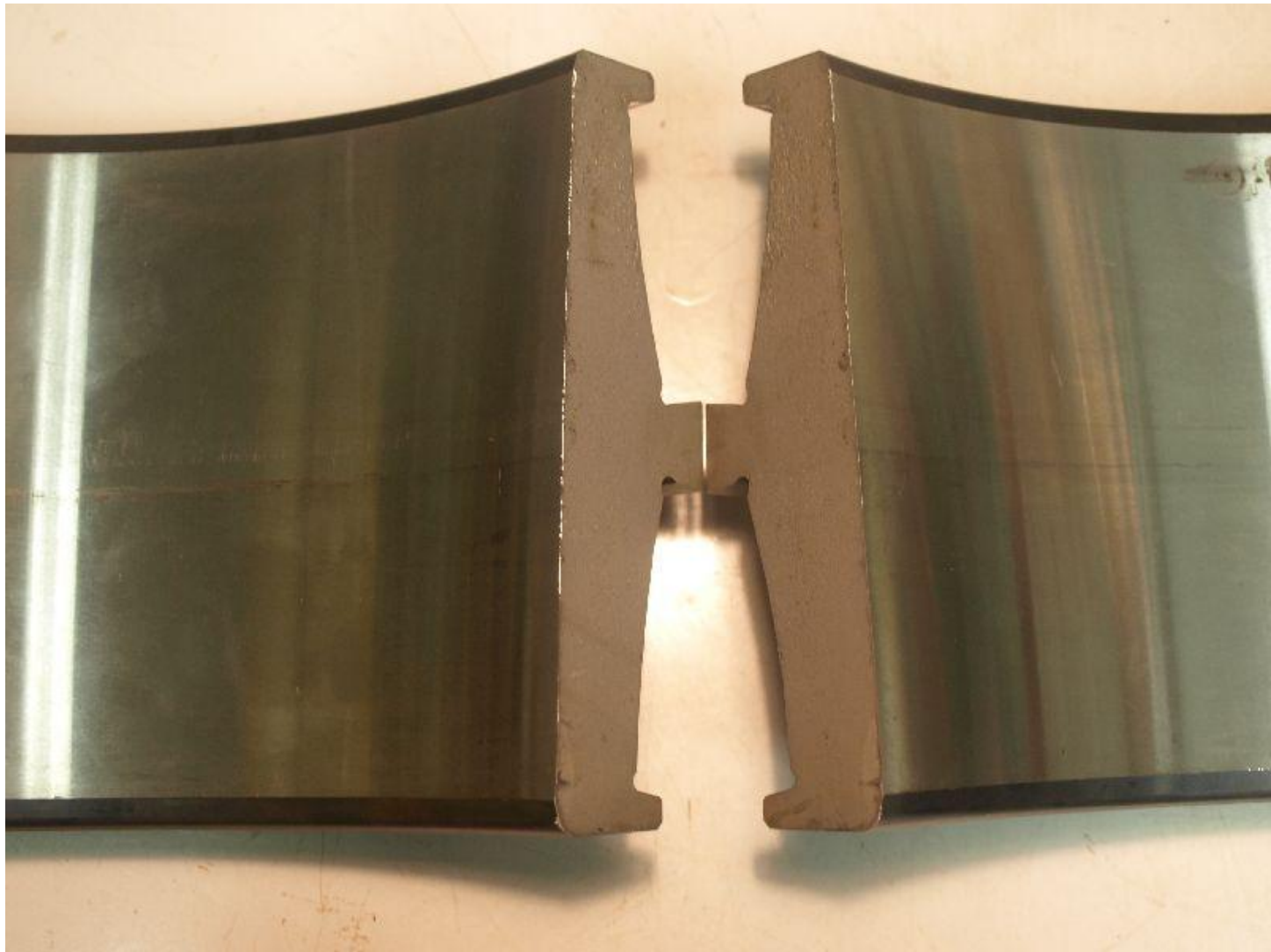
NU 321

Vnitřní kroužek – šipkou označeny brusné trhliny na úlomku.

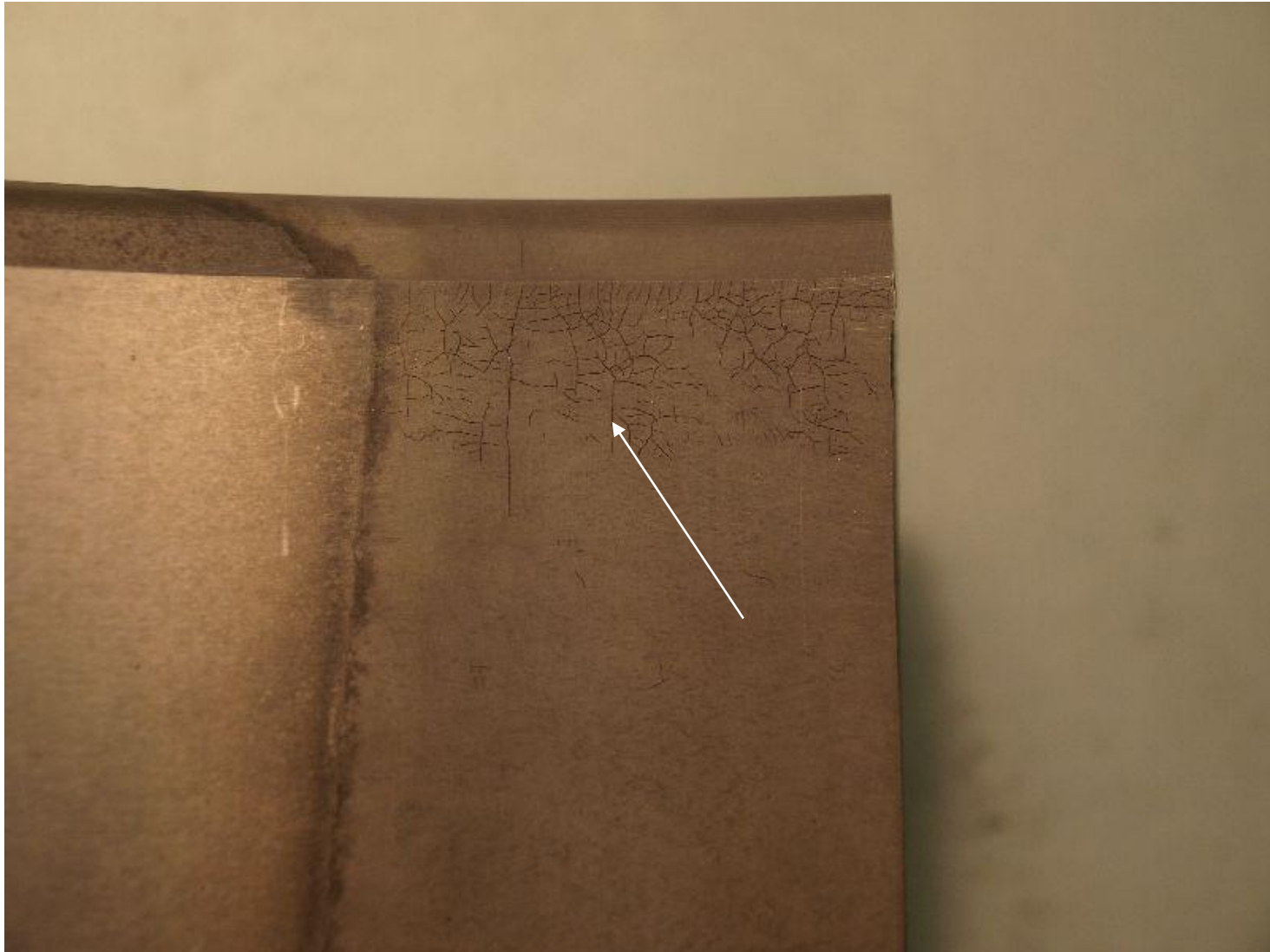
Zv.: makro



23160K
Vnitřní kroužek
Zv.: makro



23160K
Vnitřní kroužek
Zv.: makro



Nedodržení tvaru

- Vlivem tvarového výstupku na plášti kuželíku špatně orovnaným brusným kotoučem vznikl koncentrátor napětí („tzv. hranový styk“) s následným rozvojem pittingu mechanismem povrchové únavy.

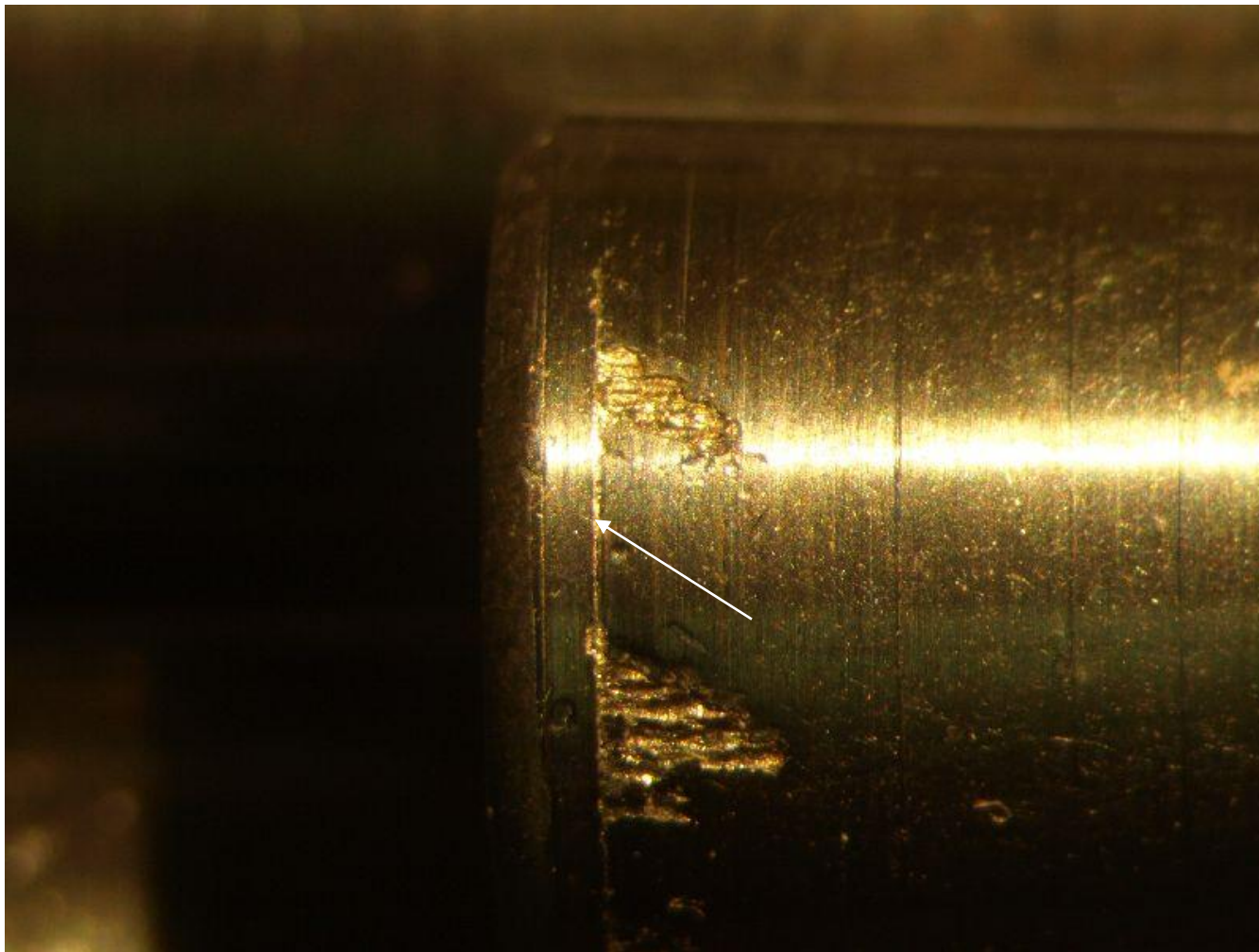
30305A

Ložisko č.21

Najeto 125 hodin

Kuželík – pitting vycházející z rýhy na plášti

Zv.: 8x



Nedodržení tvaru

- Nedodržení předepsaných tolerancí výrobních rozměrů vede k nestandardnímu pohybu valivých tělísek.

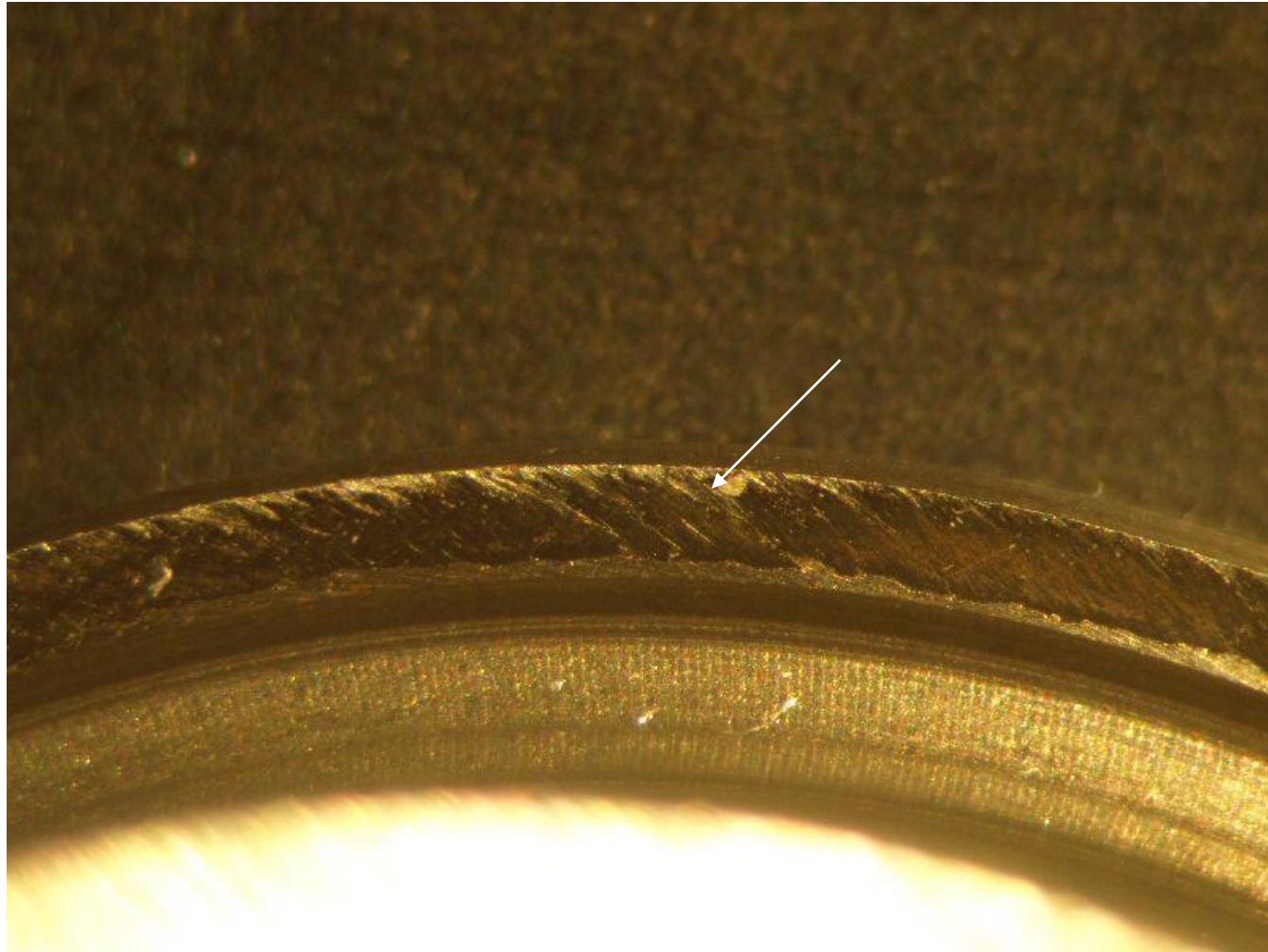
30305A

Ložisko č.21

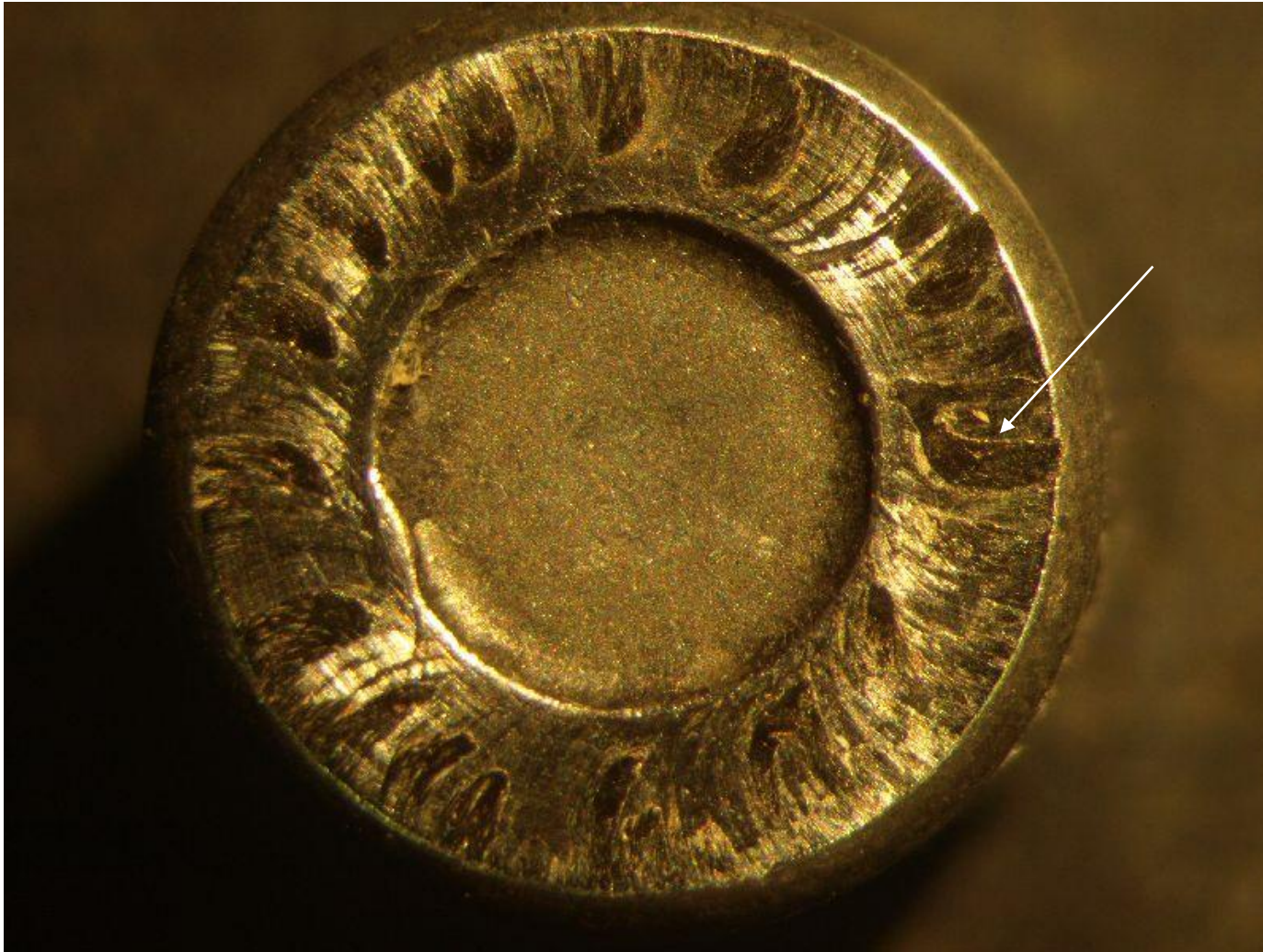
Najeto 125 hodin

Vnitřní kroužek – zadírání opěrného čela nákrážku

Zv.: 8x



30305A
Ložisko č.21
Najeto 125 hodin
Kuželík – zadírání funkčního čela
Zv.: 8x



Ložisko 241 22 CA/W33

Obr.1

Zv.: makro



Ložisko 241 22 CA/W33

Obr.2

Zv.: makro

Rozdílné rádiusy soudečků.



Ložisko 241 22 CA/W33 – vnitřní kroužek

Obr.3

Zv.: makro

Nečistoty v zápichu a na oběžné dráze, poškození oběžné dráhy při montáži.

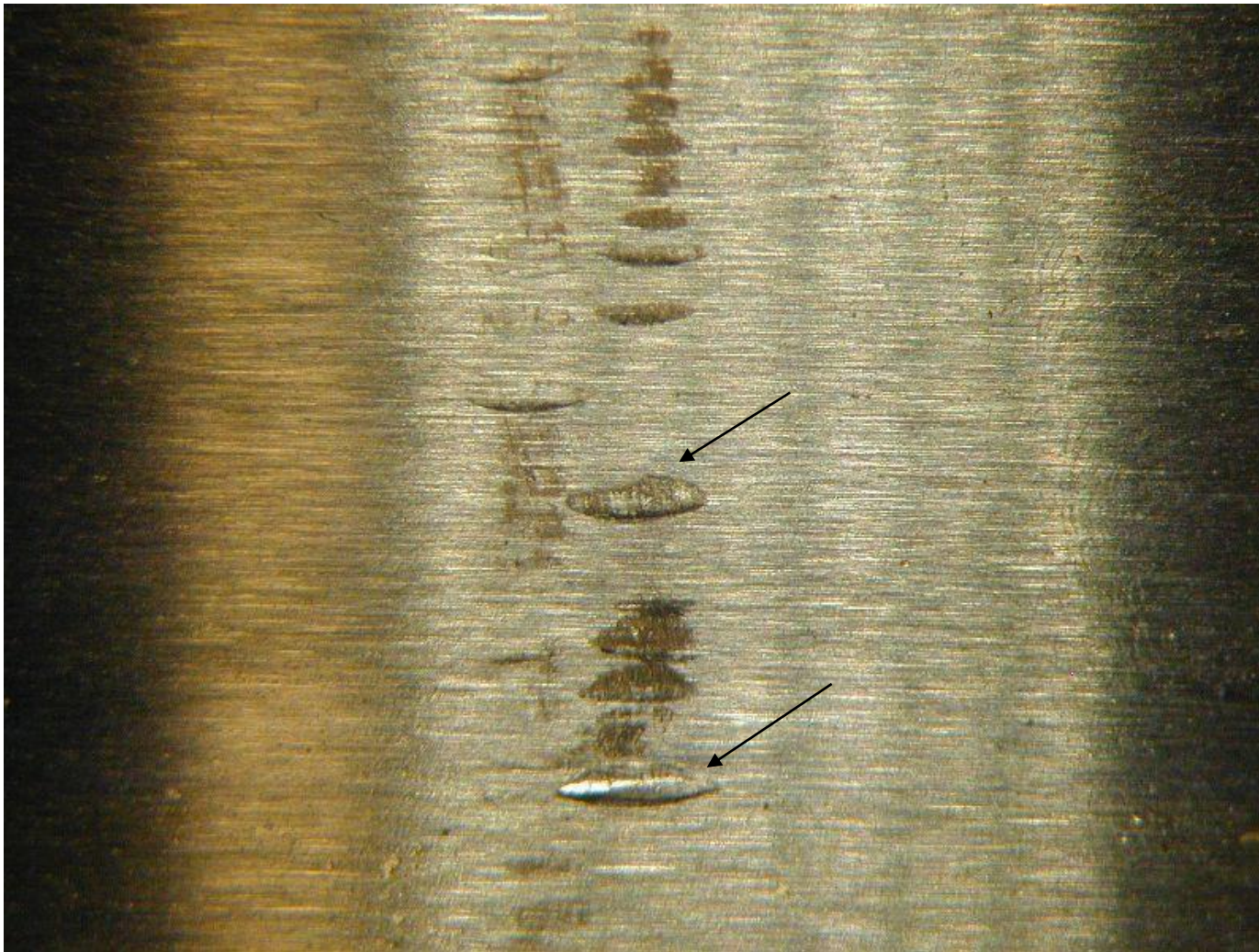


Ložisko 241 22 CA/W33 – vnitřní kroužek

Obr.4

Zv.: 15x

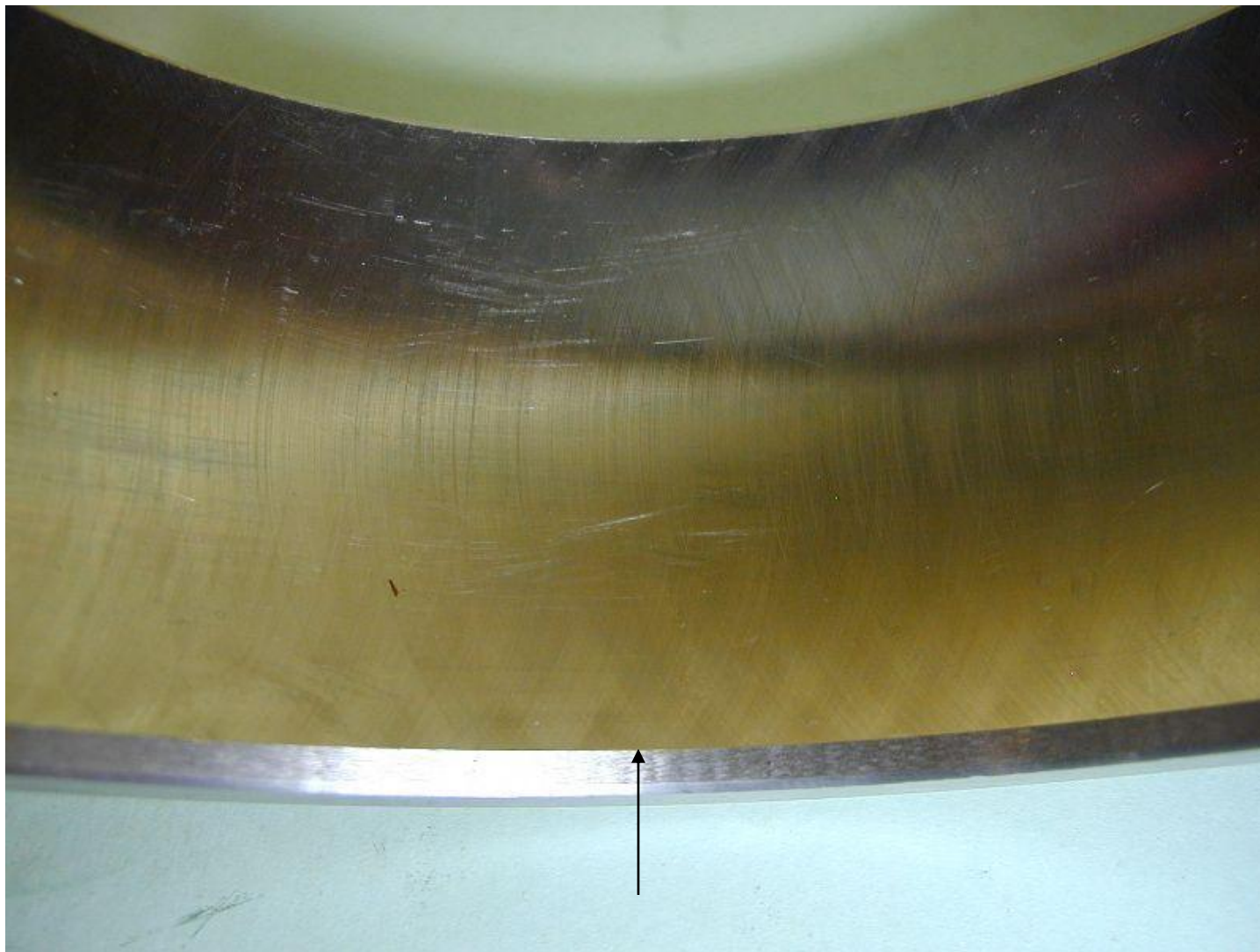
Poškození oběžné dráhy při montáži - detail.



Ložisko 241 22 CA/W33 – vnější kroužek

Zv.: makro

Jednostranné odsazení oběžné dráhy



Navodíkování řezu

- Při elektrojiskrovém řezání děleného vnějšího kroužku ložiska došlo k navodíkování povrchu řezu a v kombinaci s vysokou hladinou vnitřních pnutí v materiálu k následnému vzniku vodíkových (interkrystalických) trhlin.

PLC 512-39

Vnitřní kroužek – kapilární zkouška na plochách řezu

Zv.: makro



PLC 512-39

Vnitřní kroužek – odlupování povrchu řezu

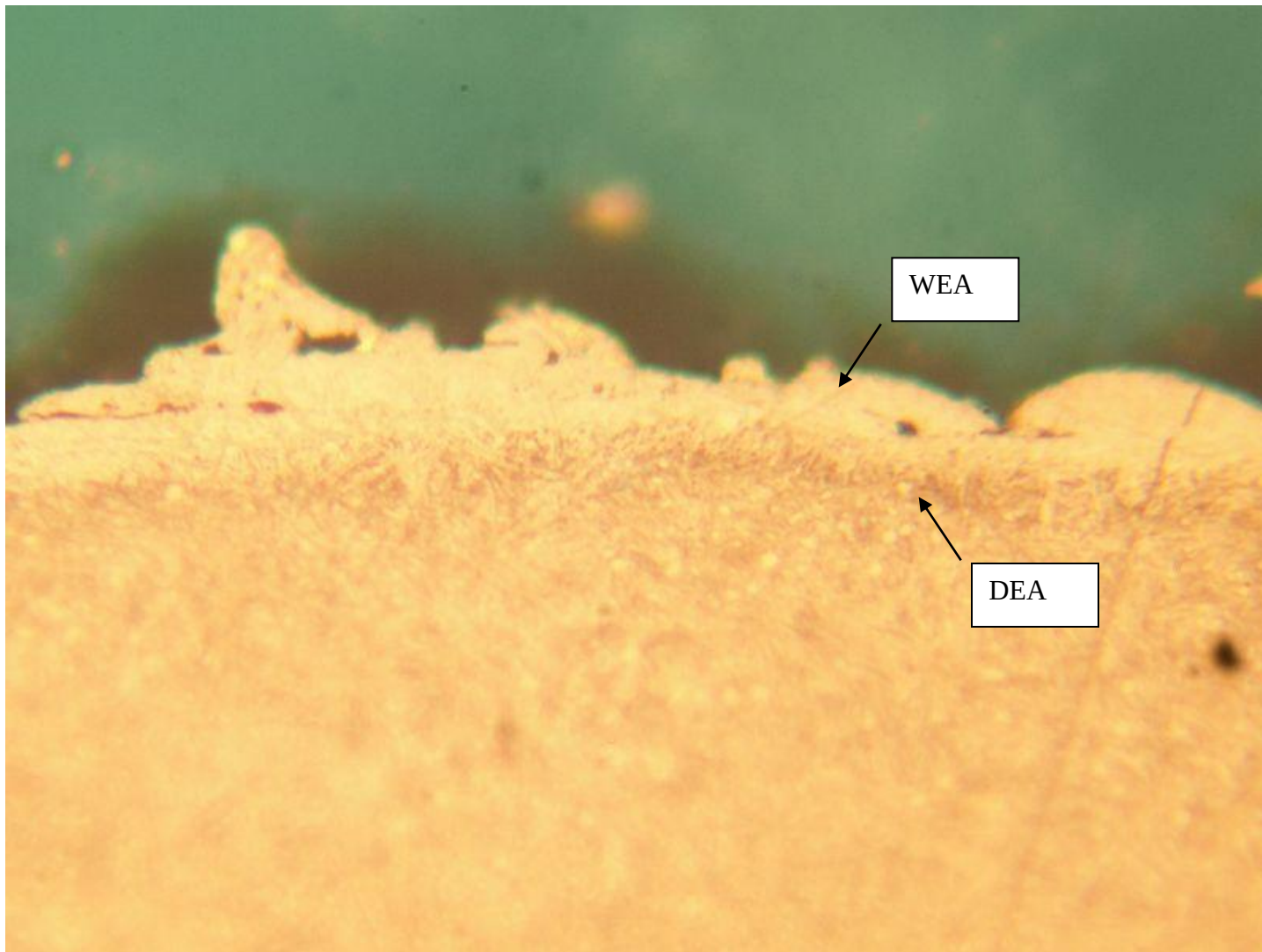
Zv.: makro



PLC 512-39

Vnější kroužek – bíle leptatelná (WEA) a tmavě leptatelná (DEA) vrstva pod plochou řezu

Zv.: 1000x



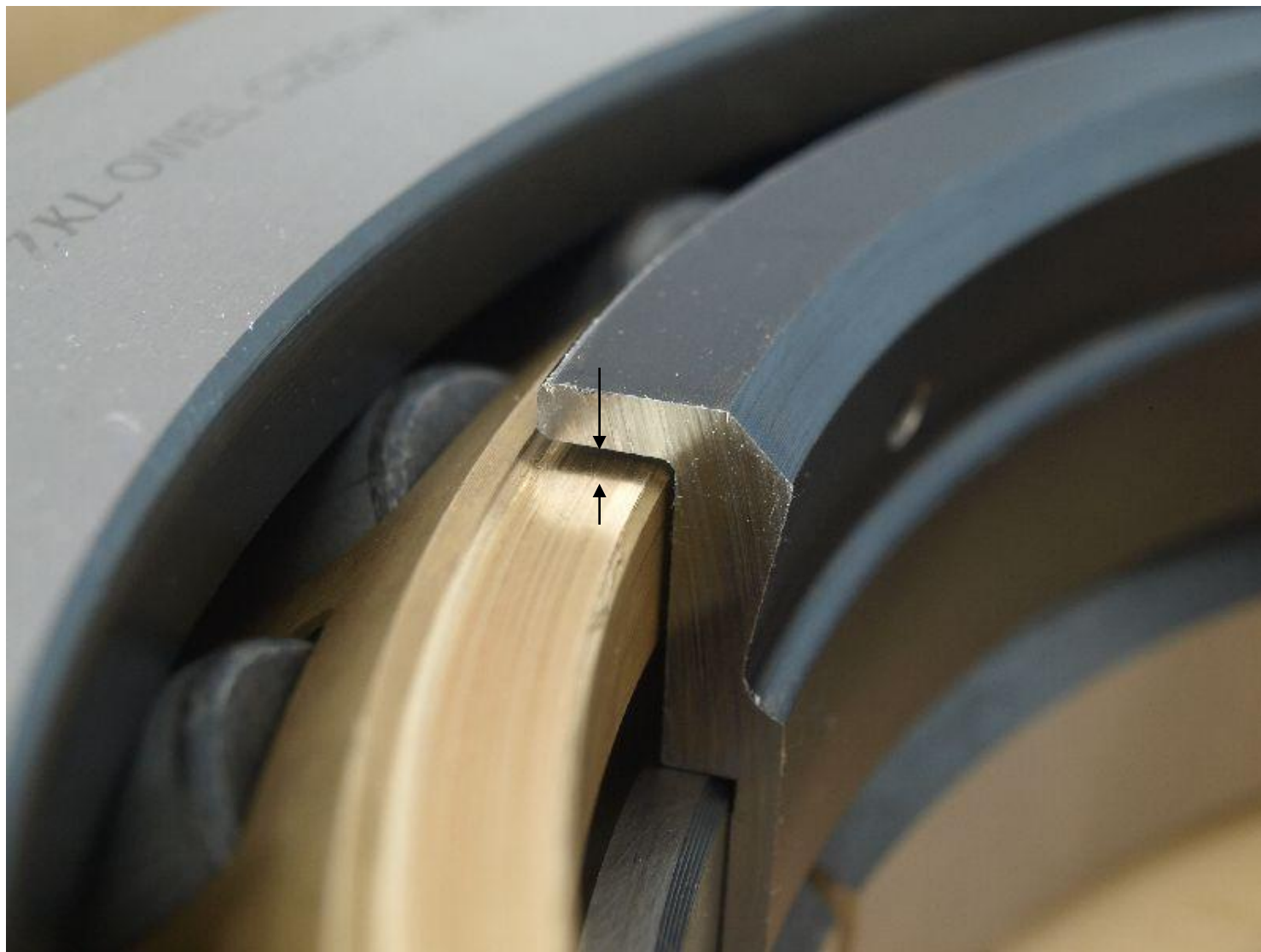
Pořádek a čistota na pracovišti

- Kovová tříska ze soustružnických operací sevřená mezi vodicím kroužkem a klecí způsobila vydření příruby klece a znehodnocení celé náplně maziva.

29348M

Klec a vodící kroužek v řezu – otěr základního čela klece

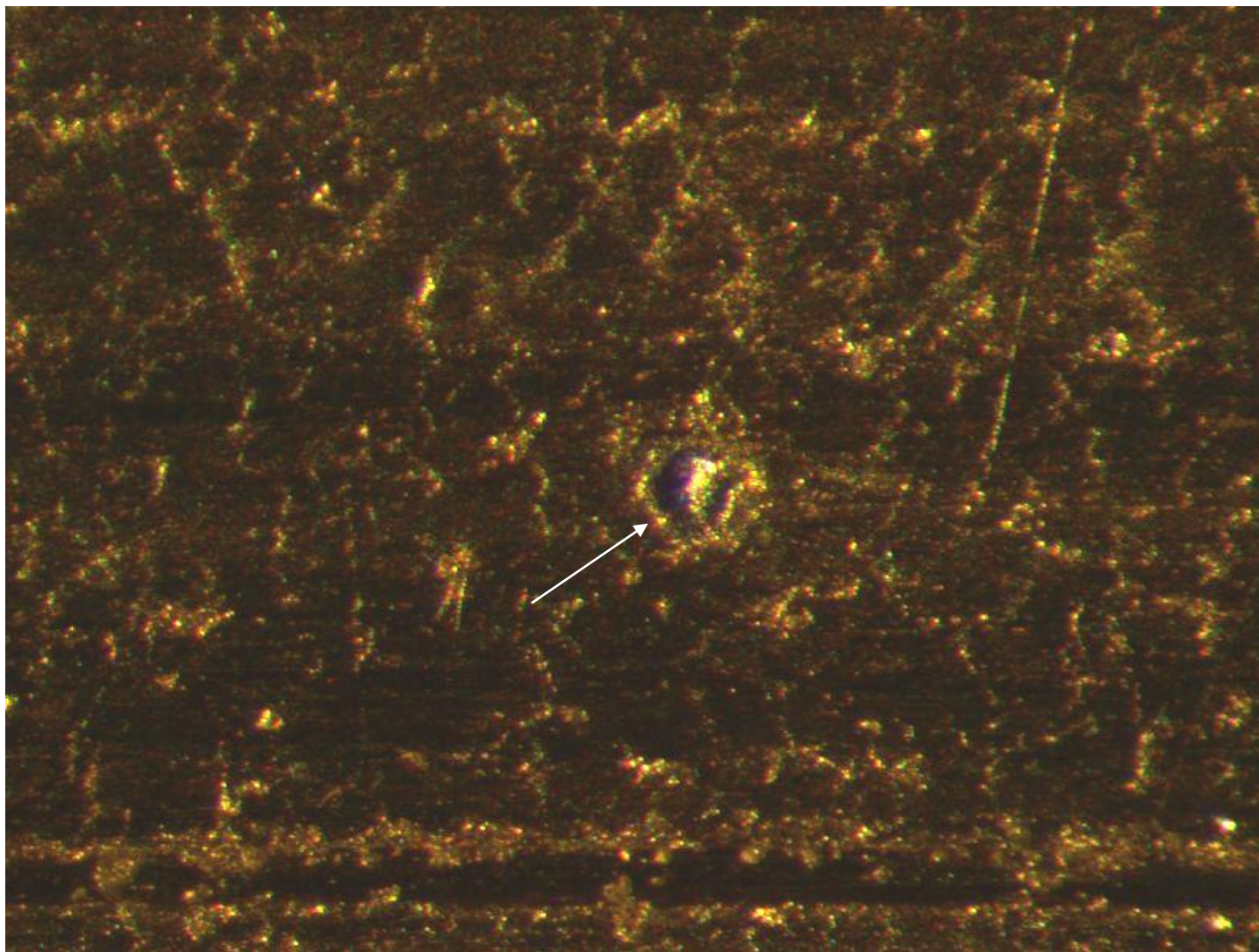
Zv.: makro



29348M ZKL

Klec – základní čelo, vmáčknutá ocelová tříška

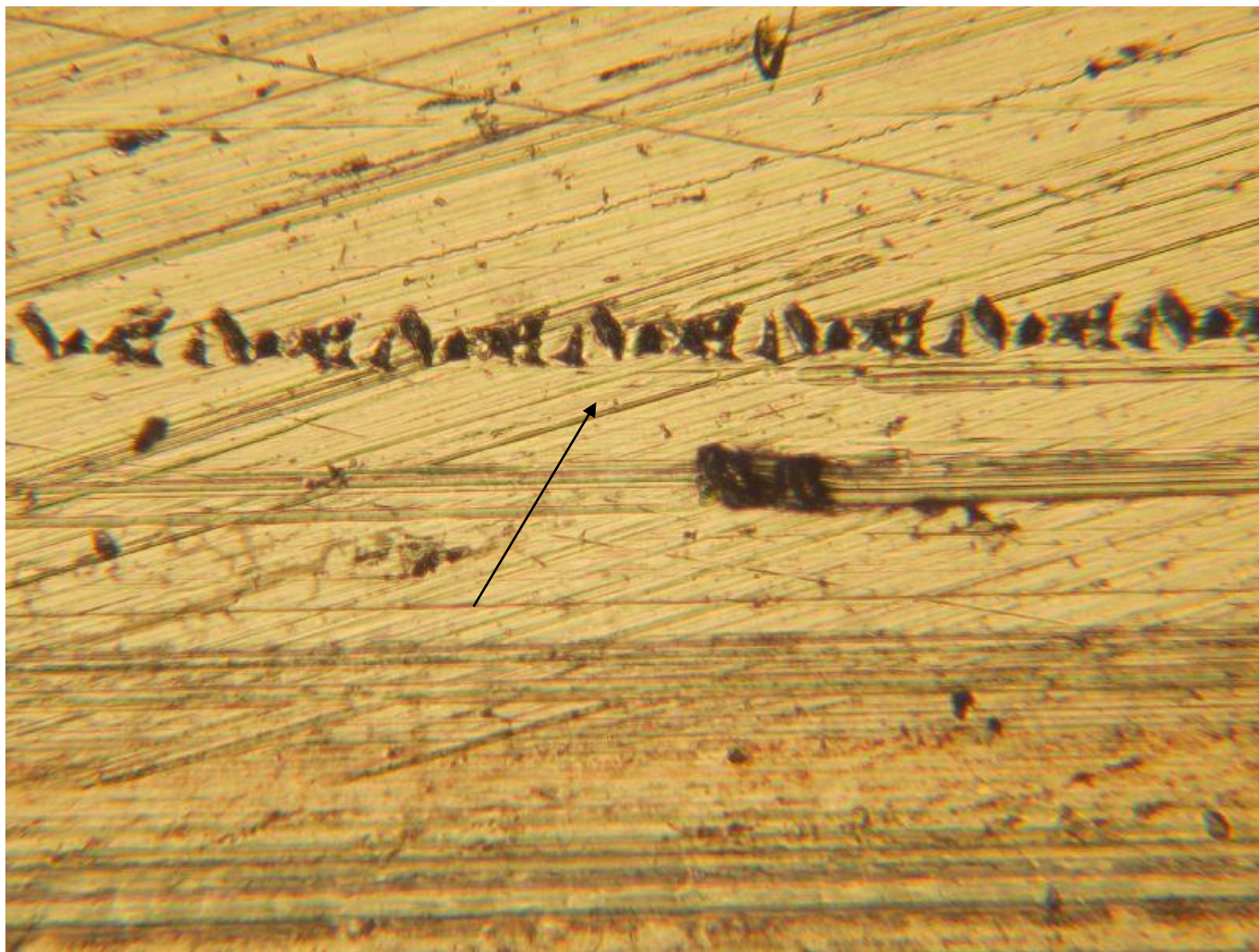
Zv.: 46x



29348M ZKL

Vodící kroužek – čelo přiléhající k základnímu čelu klece, charakteristická stopa po spirálově zatočené drobné ocelové tříске

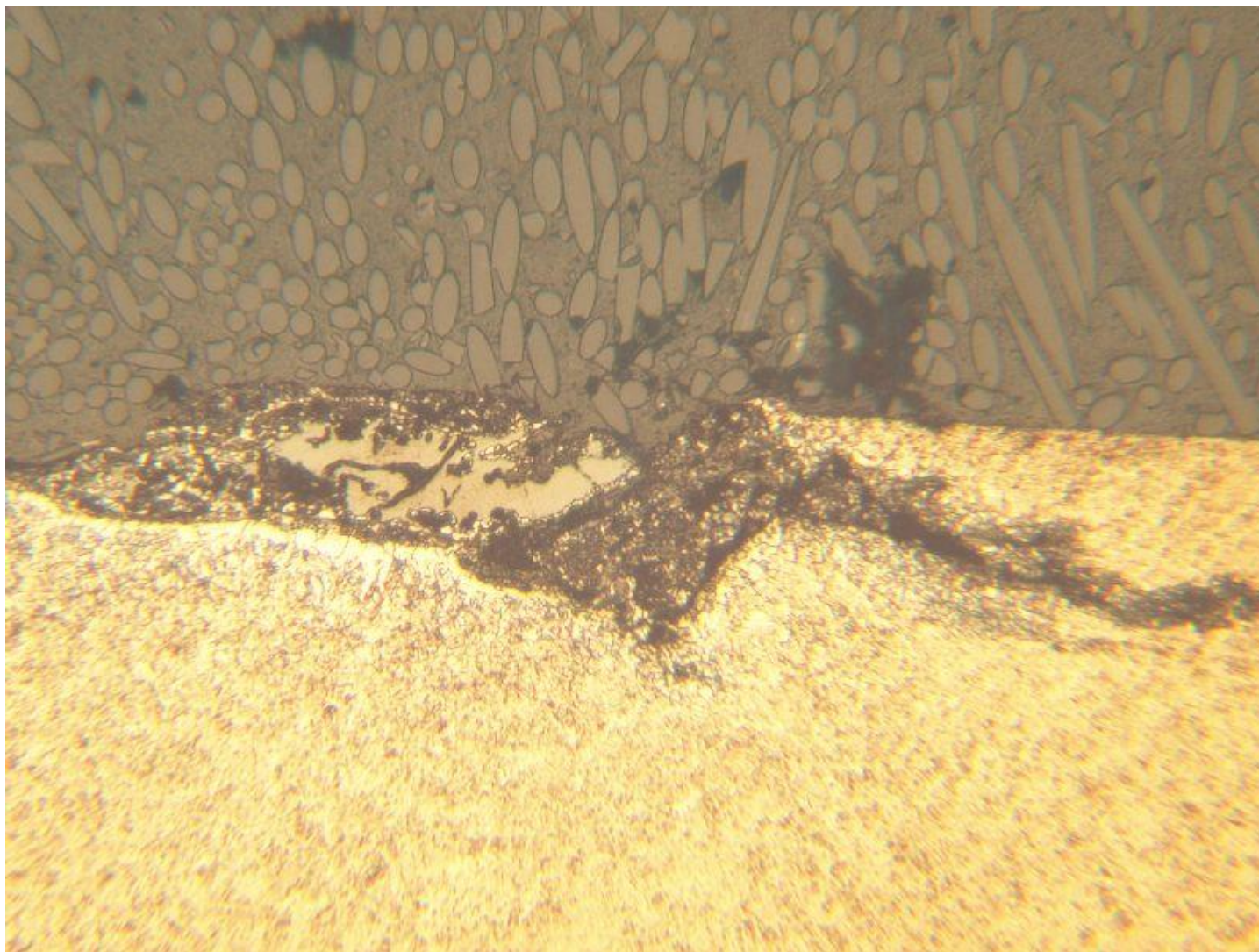
Zv.: 100x



Kovárenské vady

- Okuje zakované do povrchu výkovku hloubkou přesahující hranici přídavku na opracování.

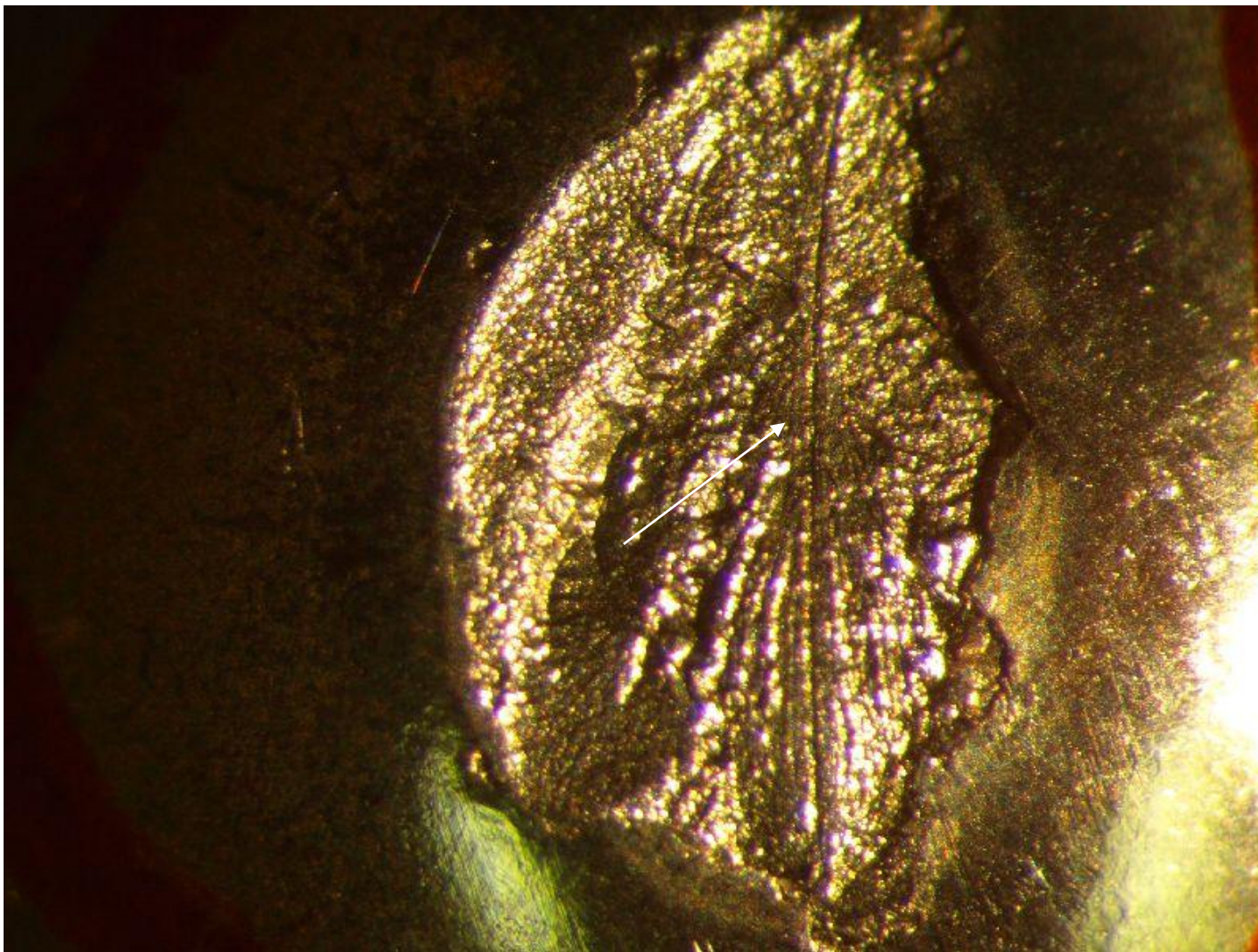
Vada na nefunkčním čele příložného kroužku. Povrch oduhličen, hloubka vady 0,2mm



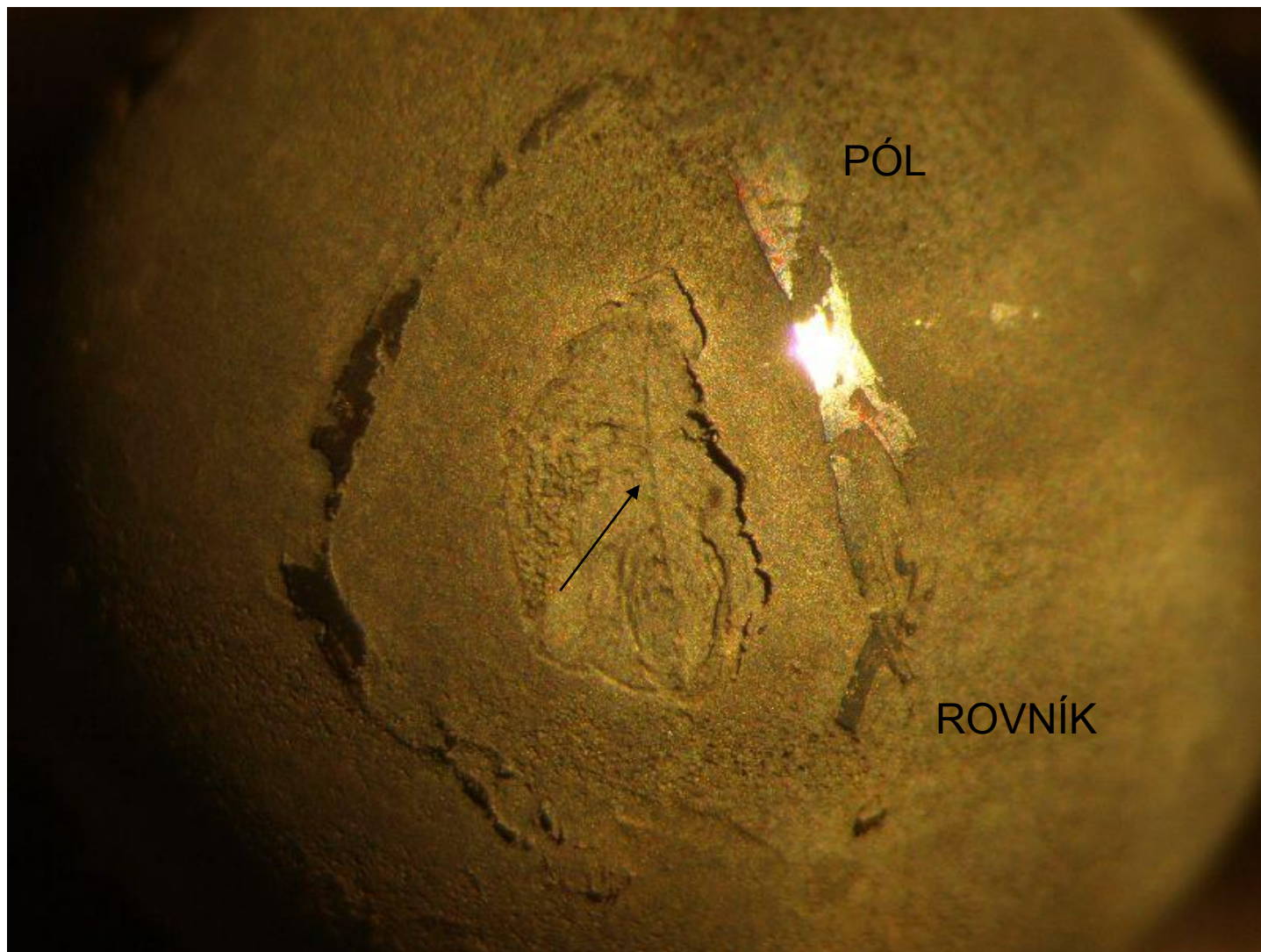
Vady polotovaru

- Primární vada polotovaru, trhlinka na povrchu tyče rovnoběžná s osou.

Kulička – primární vada hutního polotovaru s únavovými čarami podpovrchového poškození. Zv.: 18x



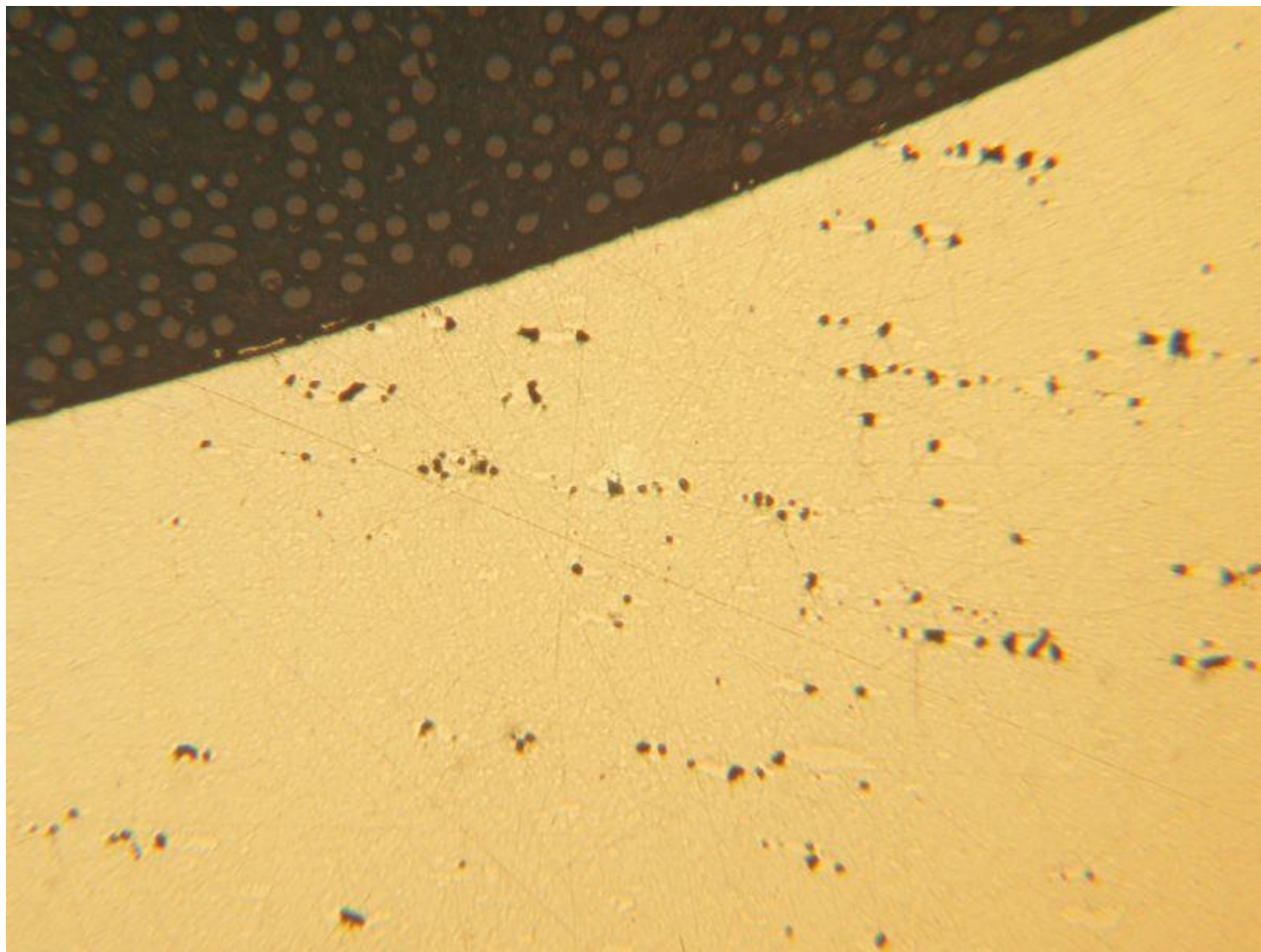
Kulička – primární vada hutního polotovaru s únavovými čarami podpovrchového poškození, makroleptáno. Zv.: 8x



Materiálové vady u korozi vzdorných ložiskových ocelí.

- Dekoheze karbidů u korozi vzdorných ložiskových ocelí.
- Vznik – nízká dokovací teplota

Metalografický výbrus z vnějšího kroužku ložiska XA7207



Poruchy ložisek **způsobené vnějšími** **vlivy**

Mazání

- Degradované mazivo vlivem polymerizace způsobilo ztížení a následně znemožnění pohybu kuliček v kleci, zvýšení teploty ložiska a jeho zablokování.

6317 C3 Ložisko A
Vnější kroužek – oběžná dráha.



6317 C3 Ložisko A
Vnitřní kroužek – oběžná dráha.



6317 C3 Ložisko A
Kuličky

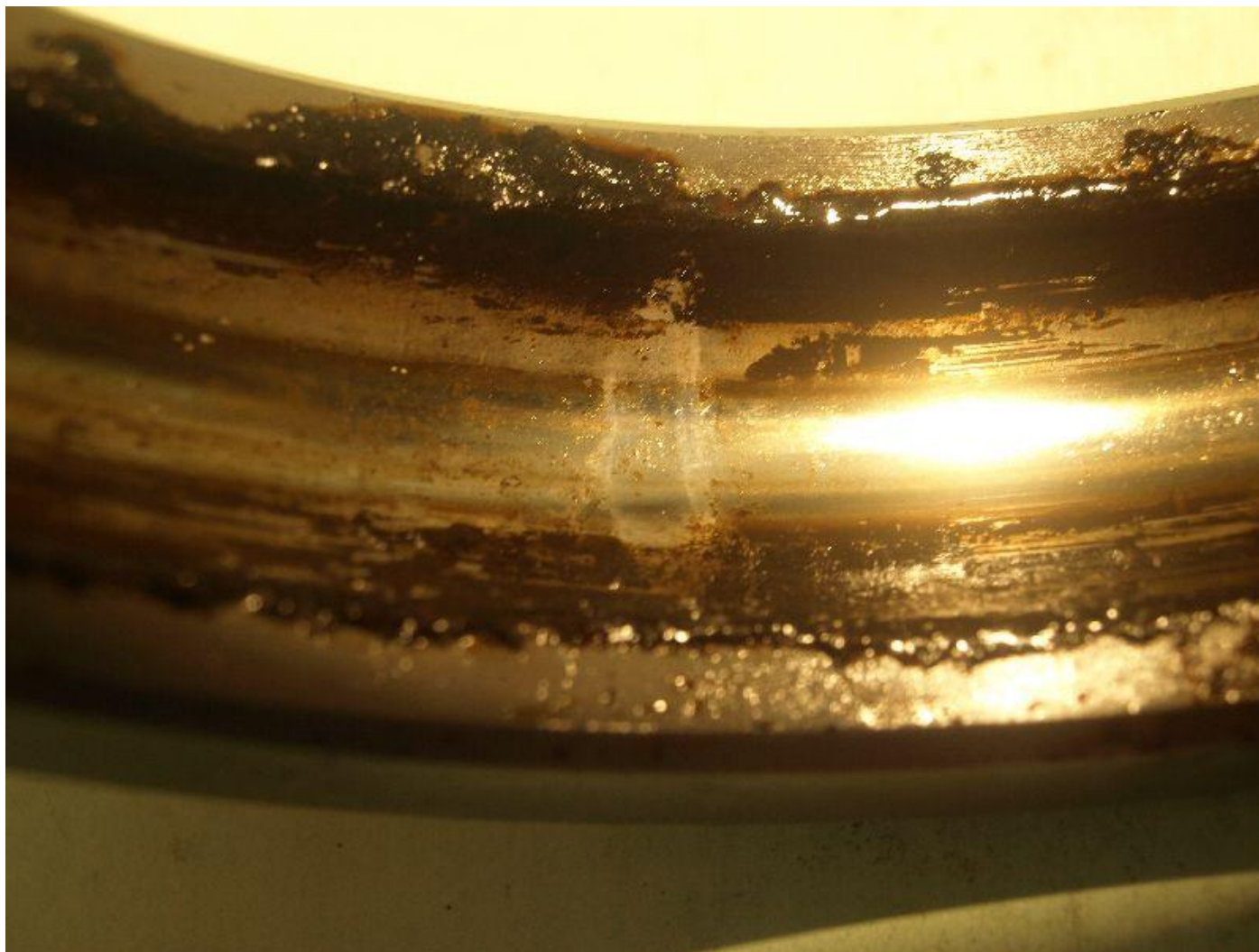


6317 C3 Ložisko A
Klec



6317 C3 Ložisko B

Vnější kroužek – oběžná dráha s degradovaným mazivem.

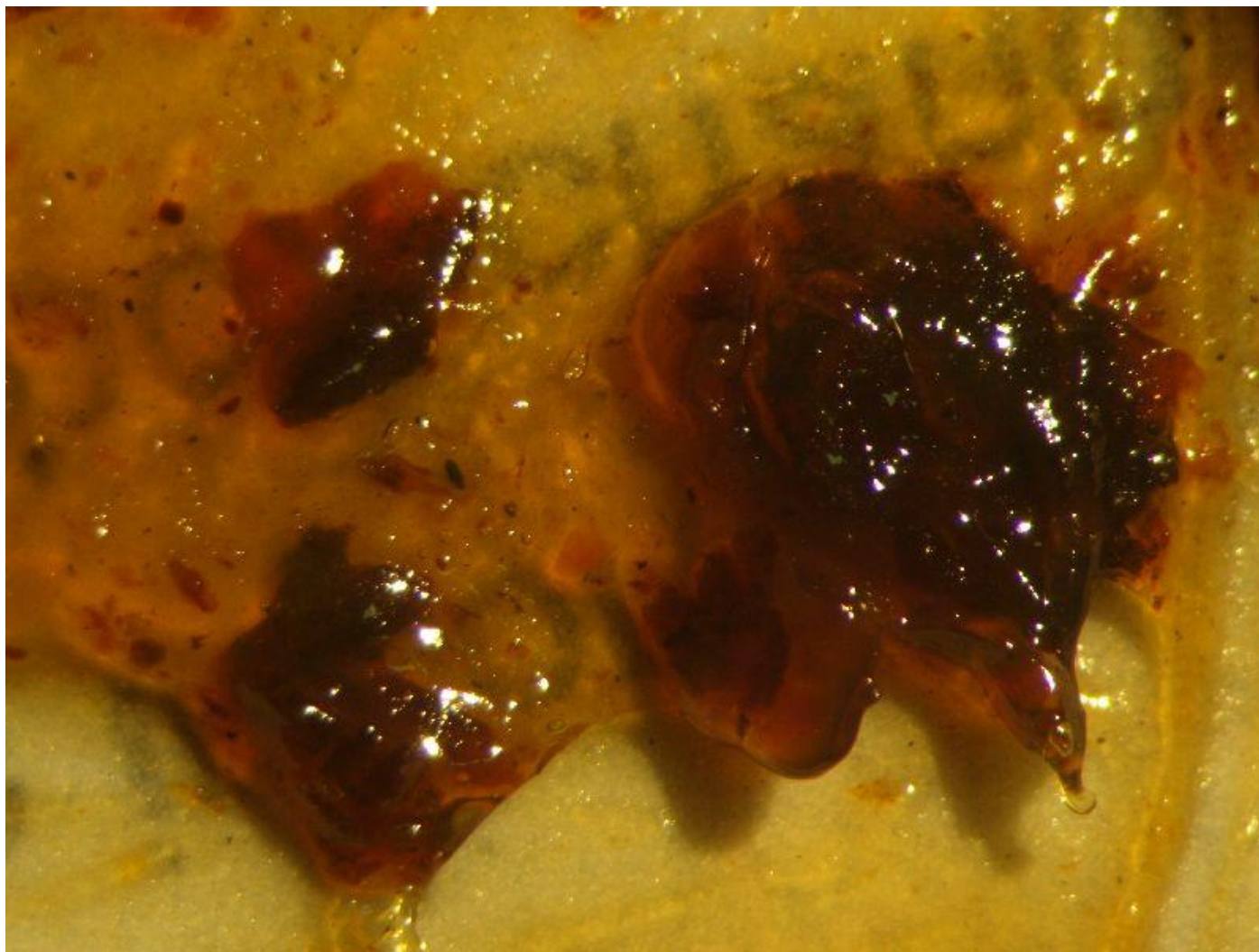


6317 C3 Ložisko B

Vnitřní kroužek – oběžná dráha s degradovaným mazivem.



6317 C3 Ložisko B
Mazivo s tužšími lepivými kousky.
Zv.: 8x



6317 C3 Ložisko B

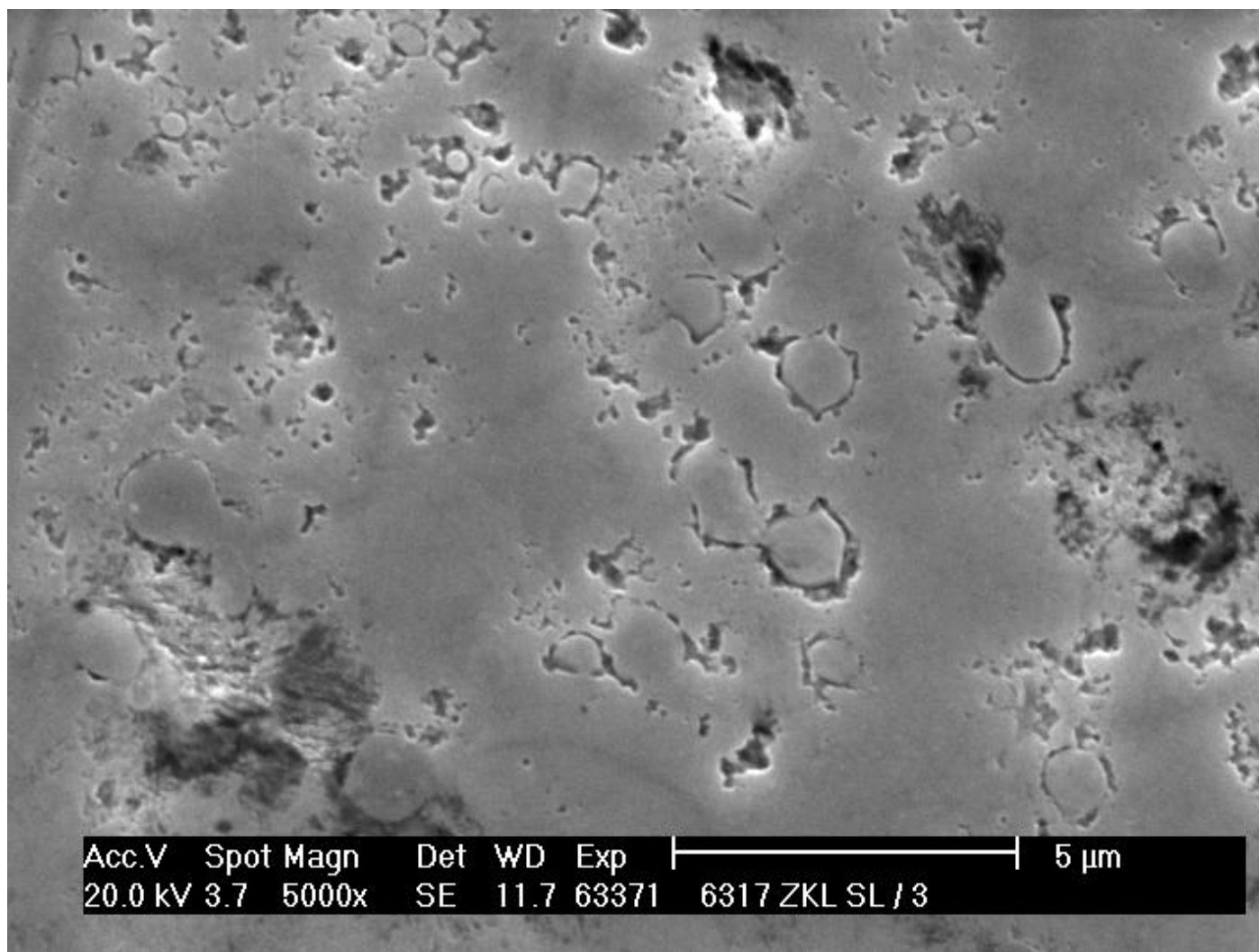
Vnější kroužek – oběžná dráha, stopy koroze. Zv.: 500x ŘEM



6317 C3 Ložisko B

Kulička – povrch, charakteristické stopy průchodu el. proudu.

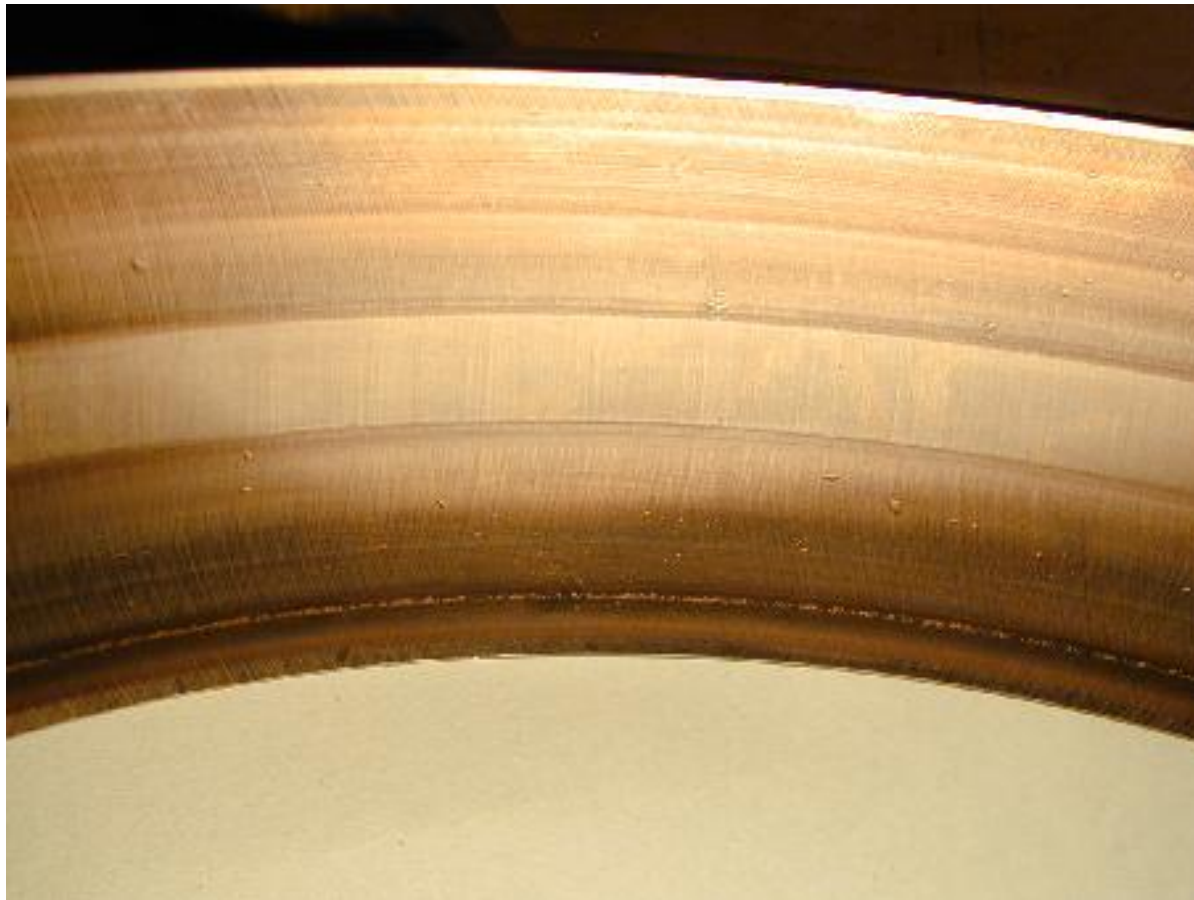
Zv.: 5000x ŘEM



Mazání

- Příčinou vzniku pittingu byla nepřítomnost elastohydrodynamického mazacího filmu koncentrovaná do prokluzově-valivé stykové plošky proužku ve vzdálenosti asi 5mm od okraje stykové stopy . Výrazný kontakt soudečku s plochou kapsy klece vedl v případě kontaktu s plochou vodícího výstupku ke stírání EHD filmu a k iniciačnímu mechanismu povrchového porušení. Podpurnými faktory bylo silné opotřebení klece, předpokládané brzděné valení soudečku a nelze vyloučit také vliv změněného rozložení maxima stykových napětí v důsledku natlačení stykové stopy ke středovému „nákružku“.

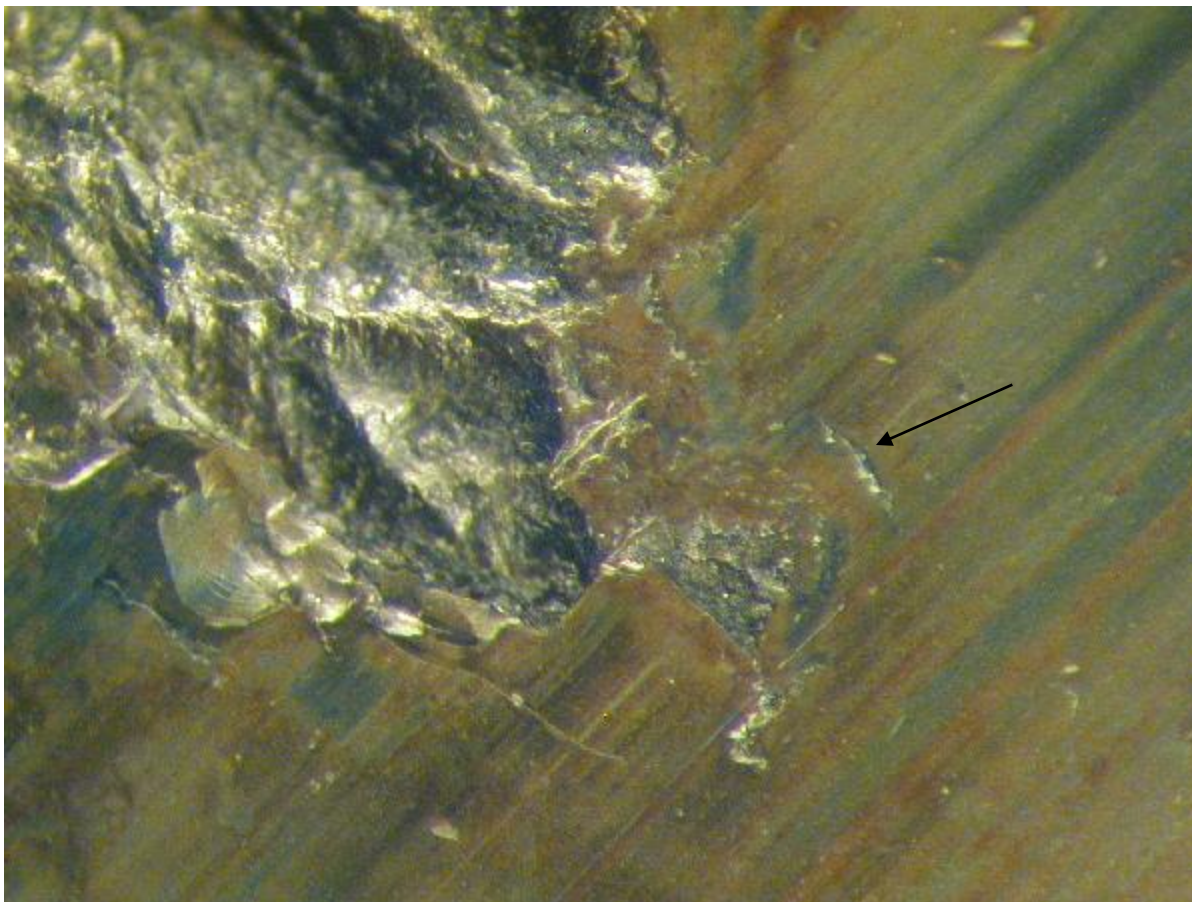
Ložisko 222 22
vnější kroužek



Ložisko 222 22
vnitřní kroužek



Ložisko 222 22
vnitřní kroužek – rozvoj pittingu z trhlinek púp



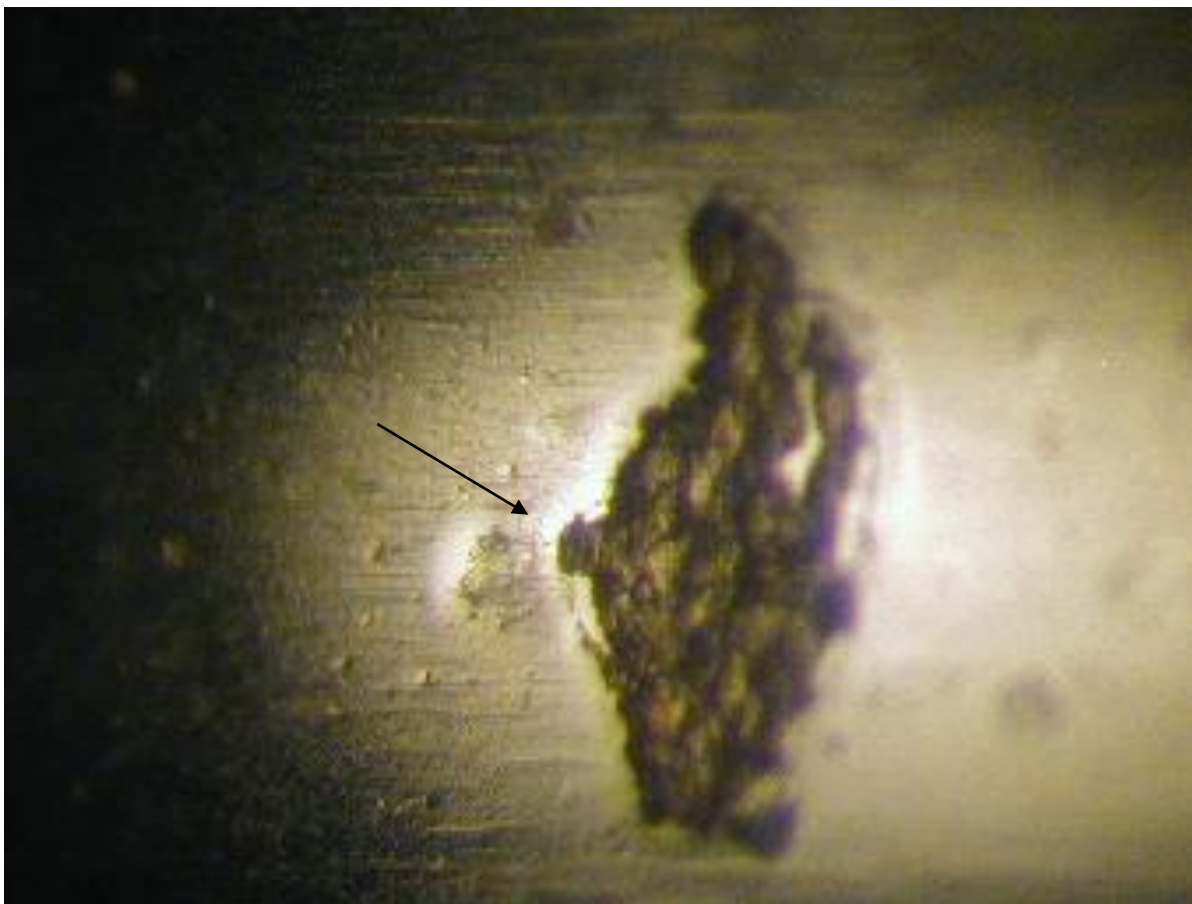
Ložisko 222 22 – otěr zámků klece



Znečištěné mazivo

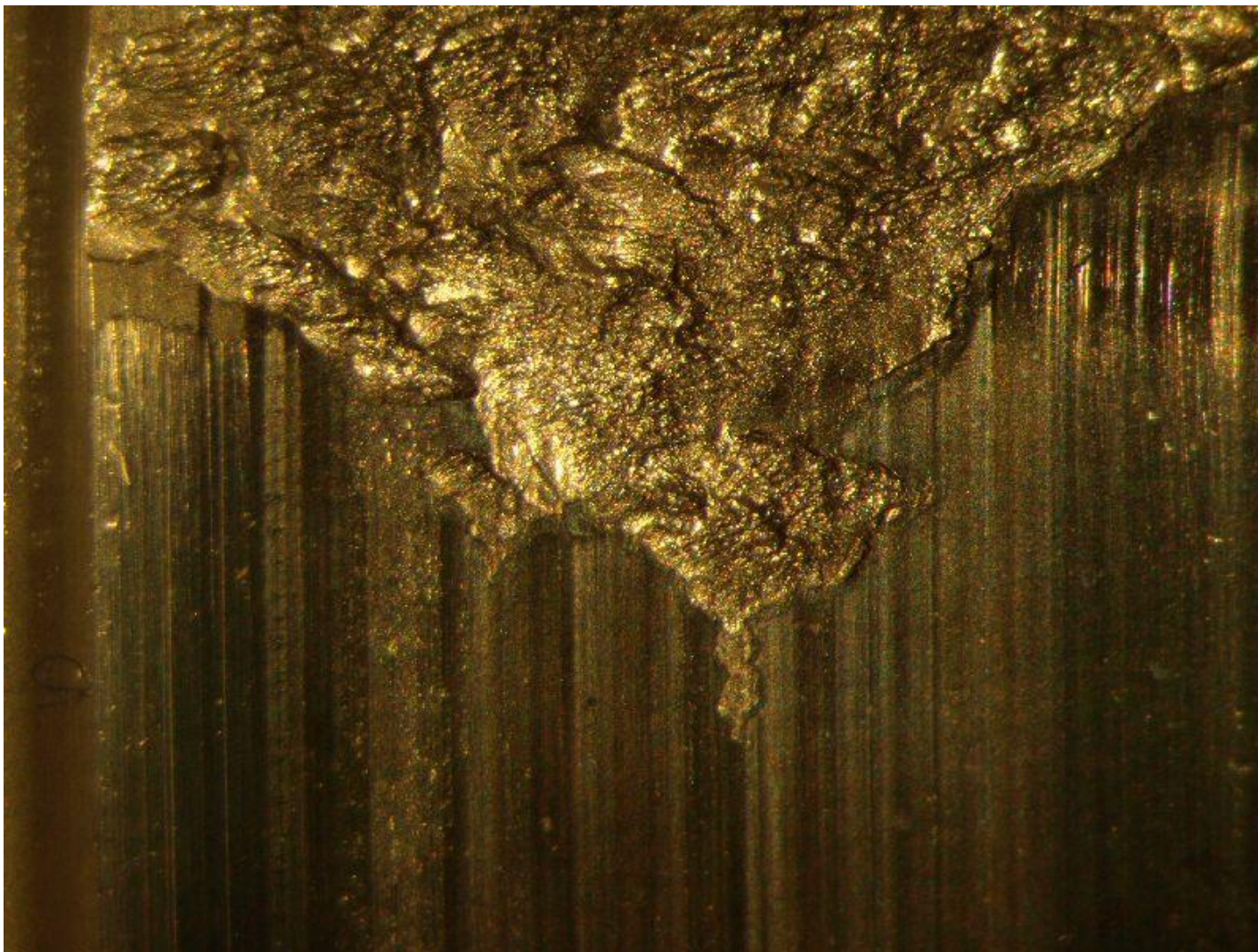
- Pitting vznikl mechanismem soustředěného stykového únavového porušení na hraně otlaku

Ložisko 609, zv.: 35x



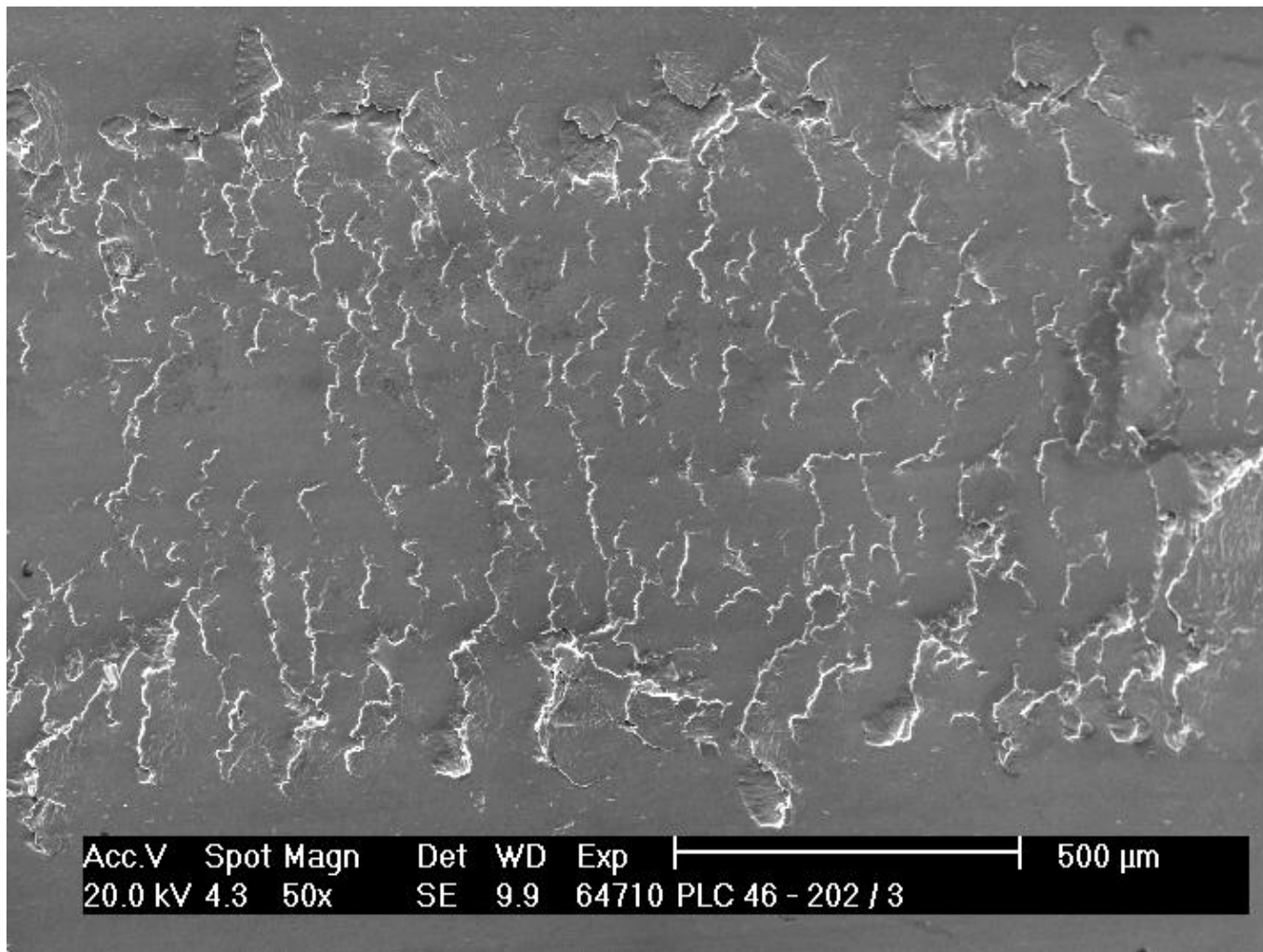
PLC 46 – 202

Vnitřní kroužek – záběhová stopa oběžné dráhy, povrchové únavové poškození, pitting s počátkem na vrcholcích drsnosti, zv.: 8x



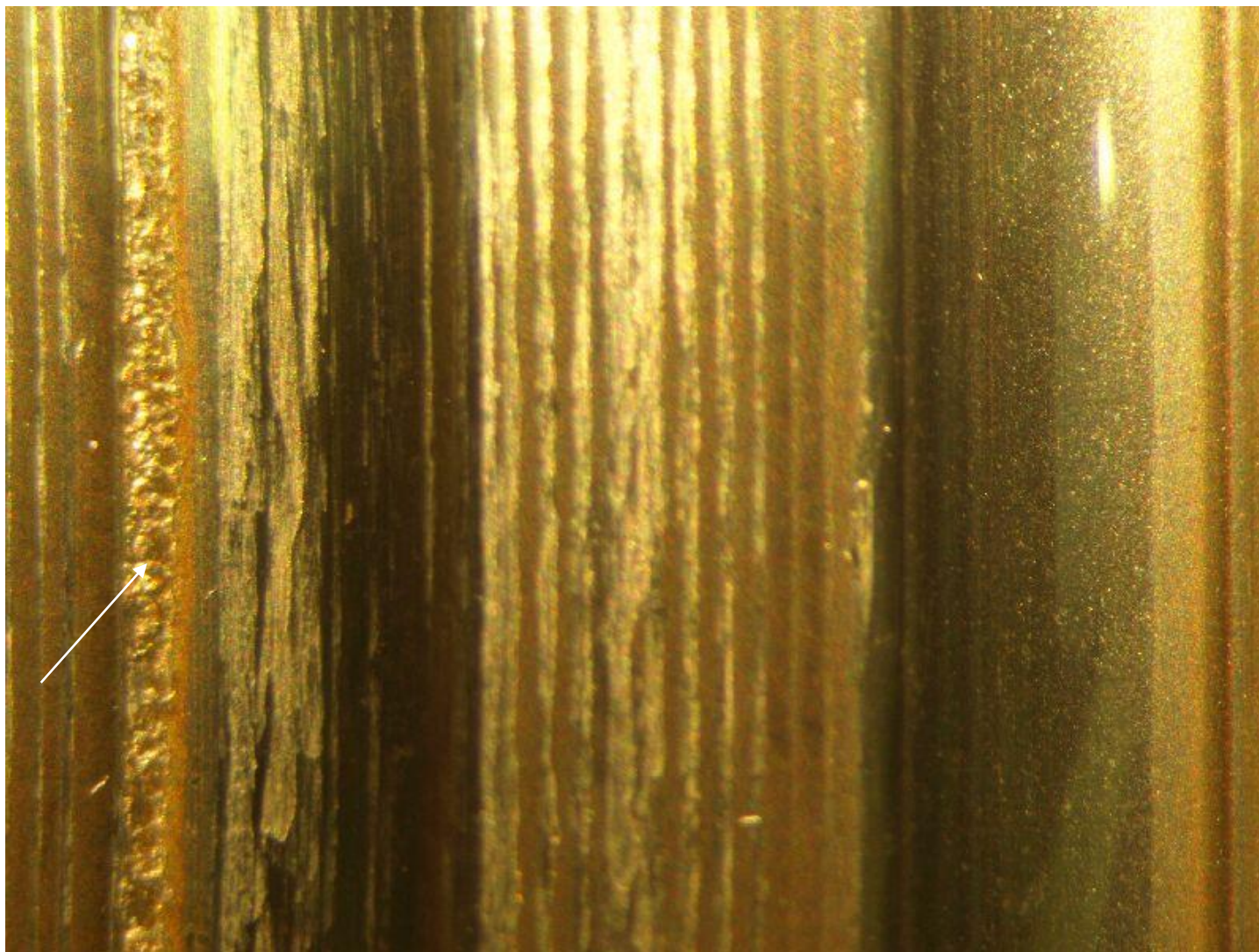
PLC 46 – 202

Váleček – povrchové únavové poškození, pitting, zv.: 50x SEM



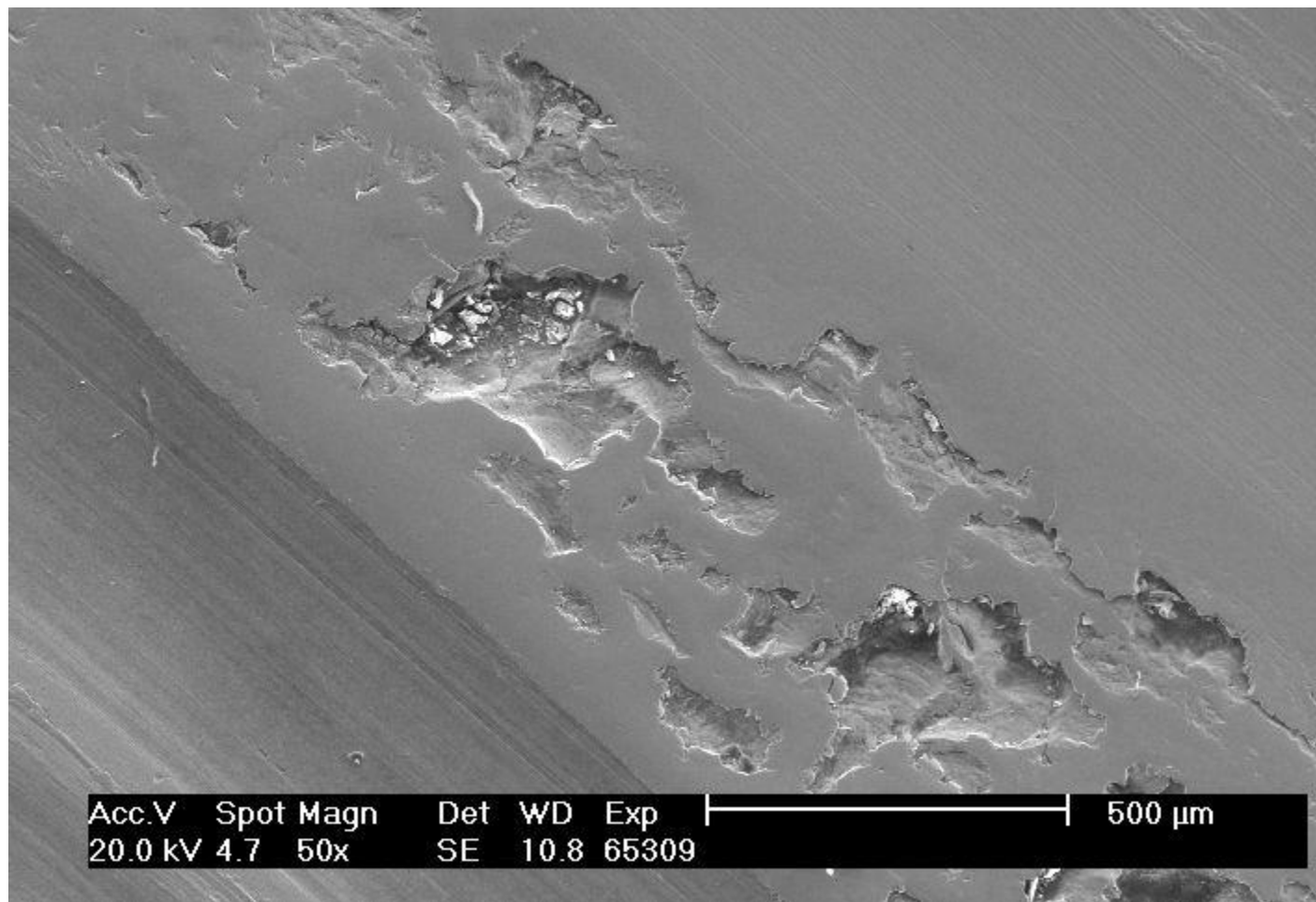
Kladka VKM 22380 (Citroen)

Vnější kroužek – oběžná dráha A a B, nedotažené vnitřní kroužky – velká vůle.



Kladka VKM 22380 (Citroen)

Vnější kroužek – oběžná dráha A, detail povrchového únavového poškození vnějšího okraje oběžné dráhy. Zv.: 50x ŘEM



Koroze

- Zkorodování ložiska v odstaveném zařízení a jeho havárie po opětovném uvedení do provozu

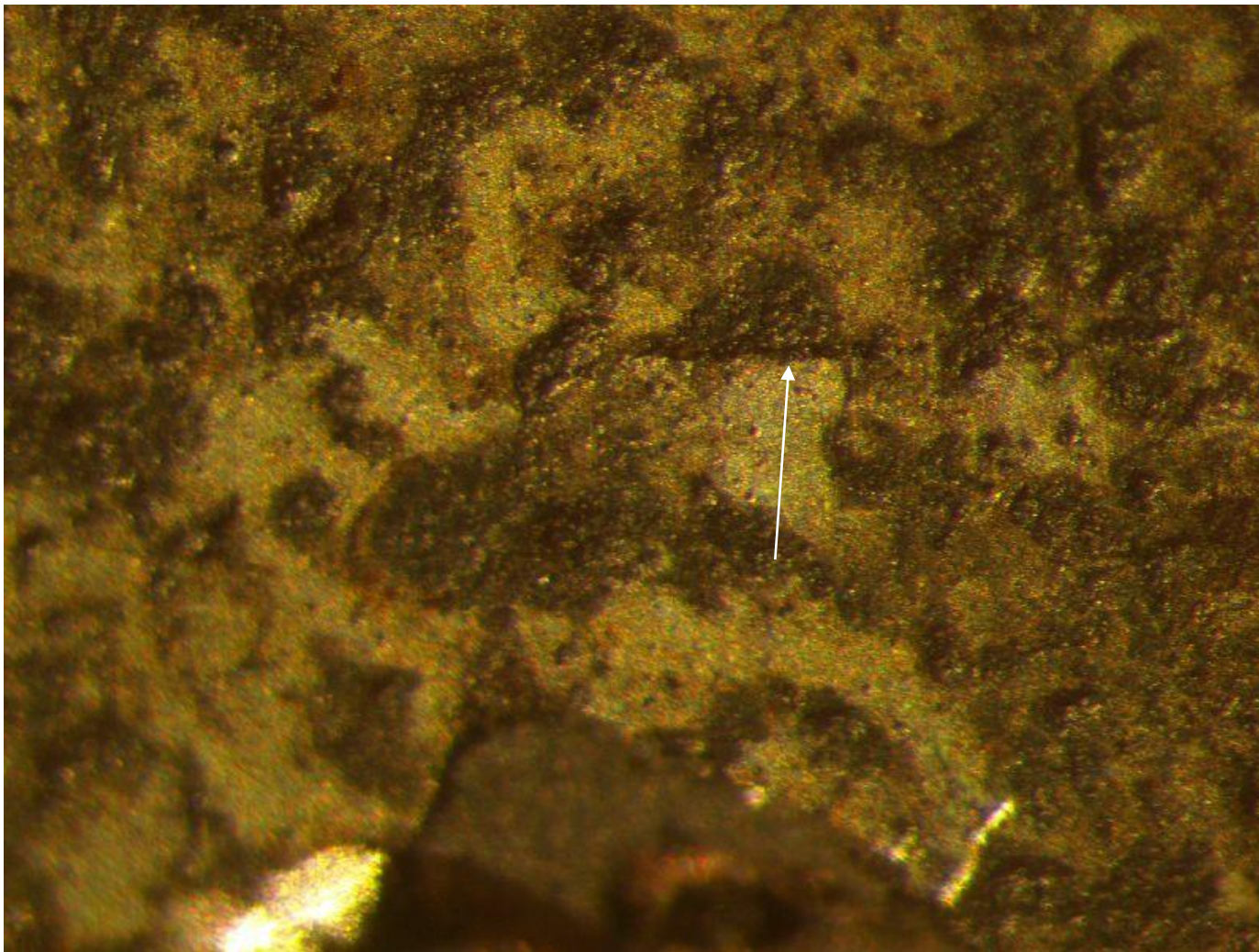
Ložisko 32224 W33M

Vnitřní kroužek – záběhová stopa, koroze oběžných drah



Ložisko 32224 W33M

Vnitřní kroužek – koroze oběžné dráhy, trhlina v záběhové stopě



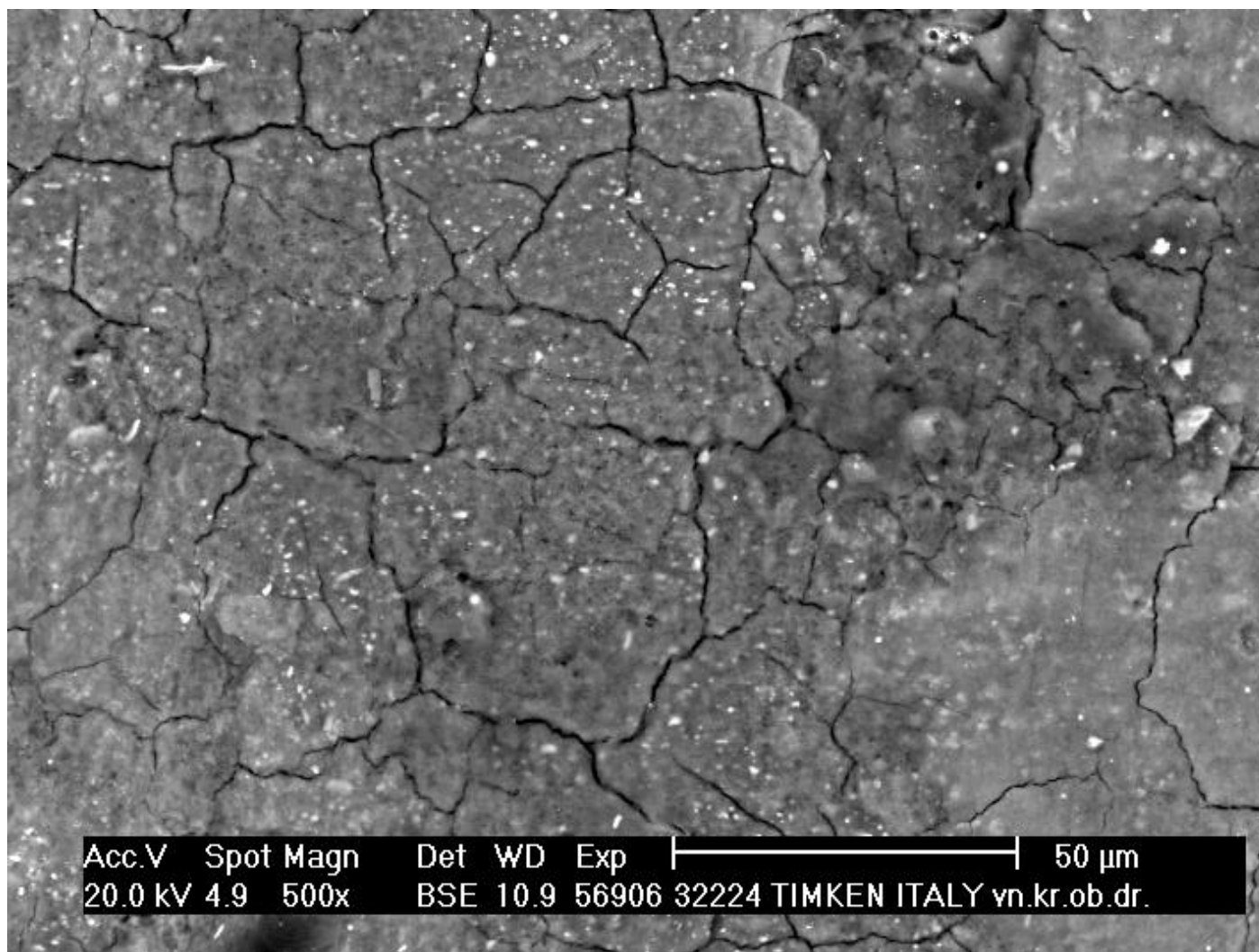
Ložisko 32224 W33M

Vnitřní kroužek – počátek trhliny



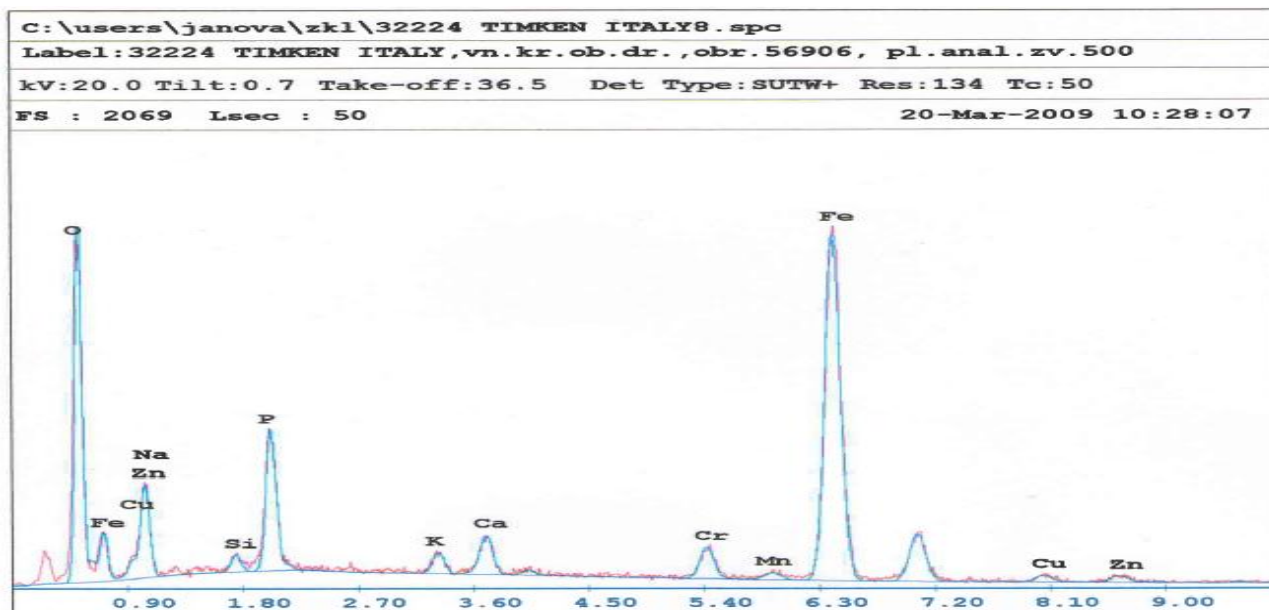
Ložisko 32224 W33M

Vnitřní kroužek – koroze oběžné dráhy



Ložisko 32224 W33M

Vnitřní kroužek – koroze oběžné dráhy – analýza prvků



EDAX ZAF Quantification (Standardless) Element Normalized SEC Table : Default

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
O K	23.59	47.69	0.0987	1.1056	0.3777	1.0020
NaK	4.90	6.89	0.0099	1.0341	0.1945	1.0004
SiK	0.79	0.91	0.0043	1.0581	0.5100	1.0033
P K	6.56	6.85	0.0423	1.0274	0.6265	1.0023
K K	1.05	0.87	0.0097	1.0099	0.8947	1.0203
CaK	2.10	1.69	0.0206	1.0329	0.9257	1.0288
CrK	2.90	1.80	0.0313	0.9413	0.9878	1.1607
MnK	0.51	0.30	0.0047	0.9244	0.9946	1.0038
FeK	53.02	30.70	0.4994	0.9421	0.9944	1.0054
CuK	2.04	1.04	0.0177	0.9121	0.9490	1.0000
ZnK	2.53	1.25	0.0222	0.9129	0.9605	1.0000
Total	100.00	100.00				

Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
O K	197.25	2.20	1.02	89.66
NaK	27.68	6.58	3.27	4.21
SiK	11.34	11.56	7.32	0.98
P K	101.20	13.92	1.59	7.27
K K	17.62	13.12	5.32	1.34
CaK	33.84	12.14	3.19	2.79
CrK	31.74	8.24	3.09	3.85
MnK	4.12	7.14	14.72	0.58
FeK	375.64	6.56	0.74	57.26
CuK	7.84	4.24	7.29	1.85
ZnK	8.02	3.58	6.87	2.24

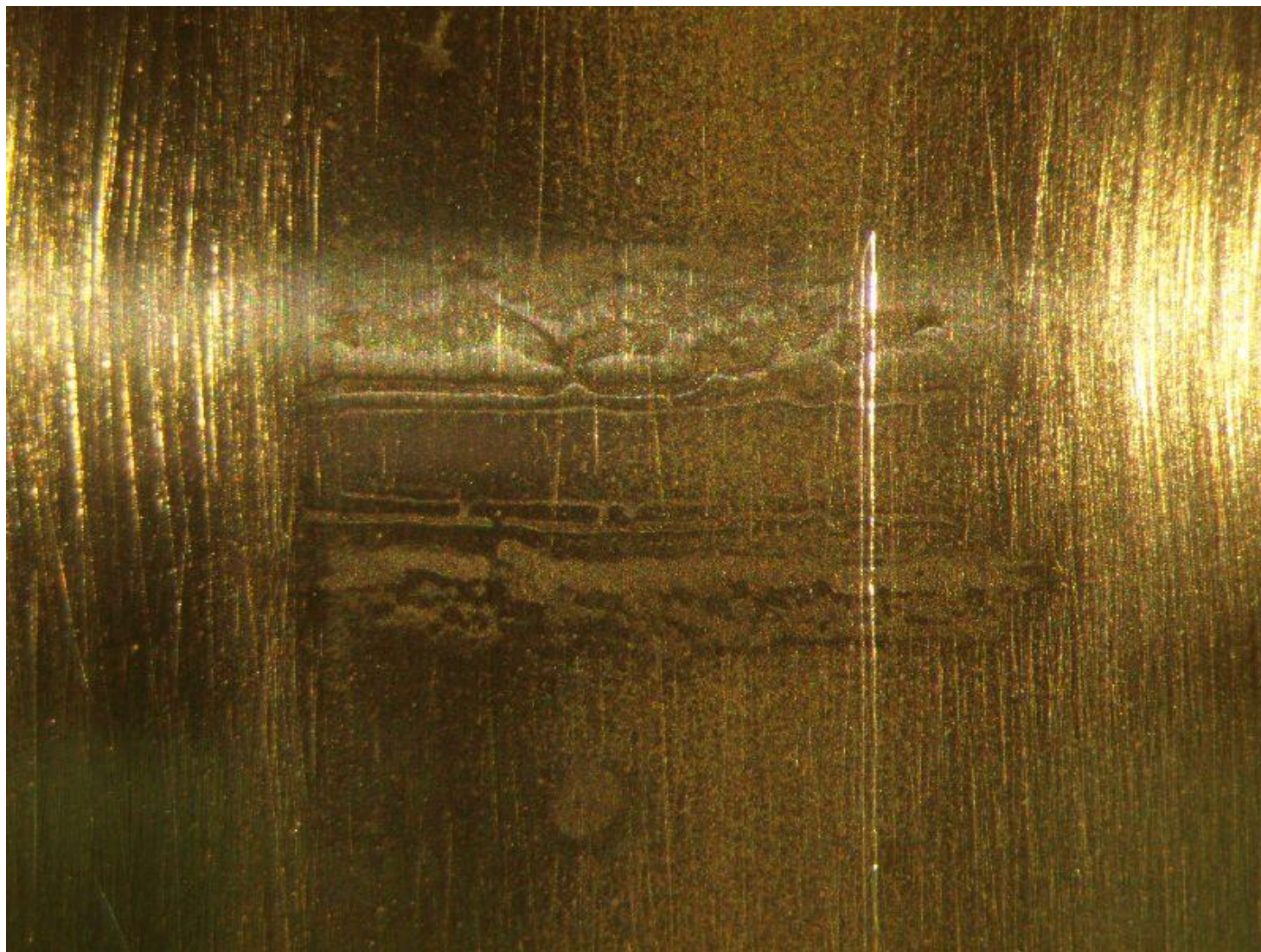
Koroze při dlouhodobé odstávce zařízení

- Ložisko ze stejnosměrného trakčního motoru bylo po dlouhodobé odstávce po uvedení do provozu demontováno pro vyšší hladinu hluku.

BC1-7229BB, vnitřní kroužek – oběžná dráha



BC1-7229BB, vnitřní kroužek – oběžná dráha



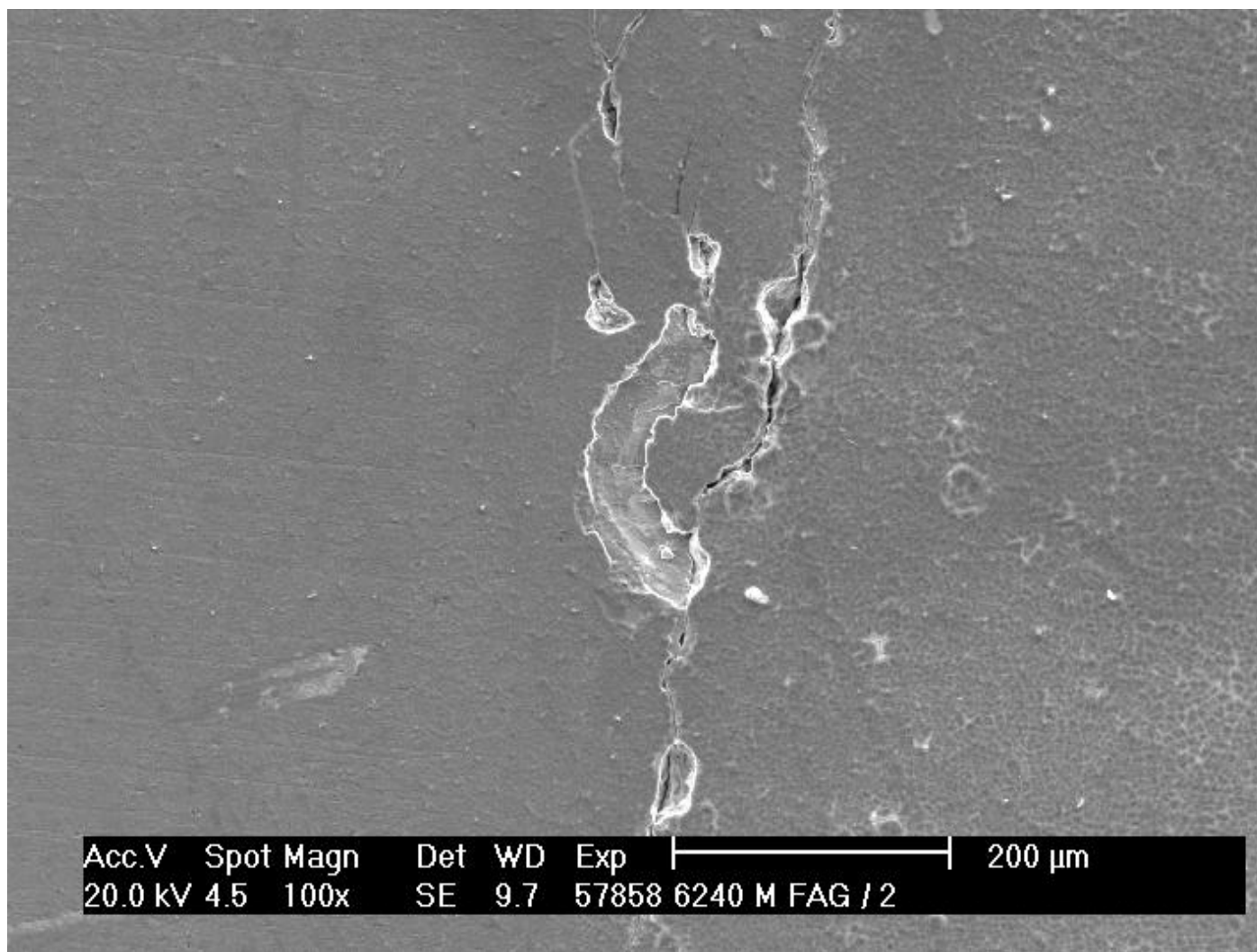
Koroze

- Trhlina vzniklá mechanismem PÚP na rozhraní zoxidovaný – nezoxidovaný povrch.

6240M FAG ITALY

Vnitřní kroužek – záběhová stopa oběžné dráhy, trhlina na rozhraní zoxidovaného povrchu.

Zv.:100x SEM

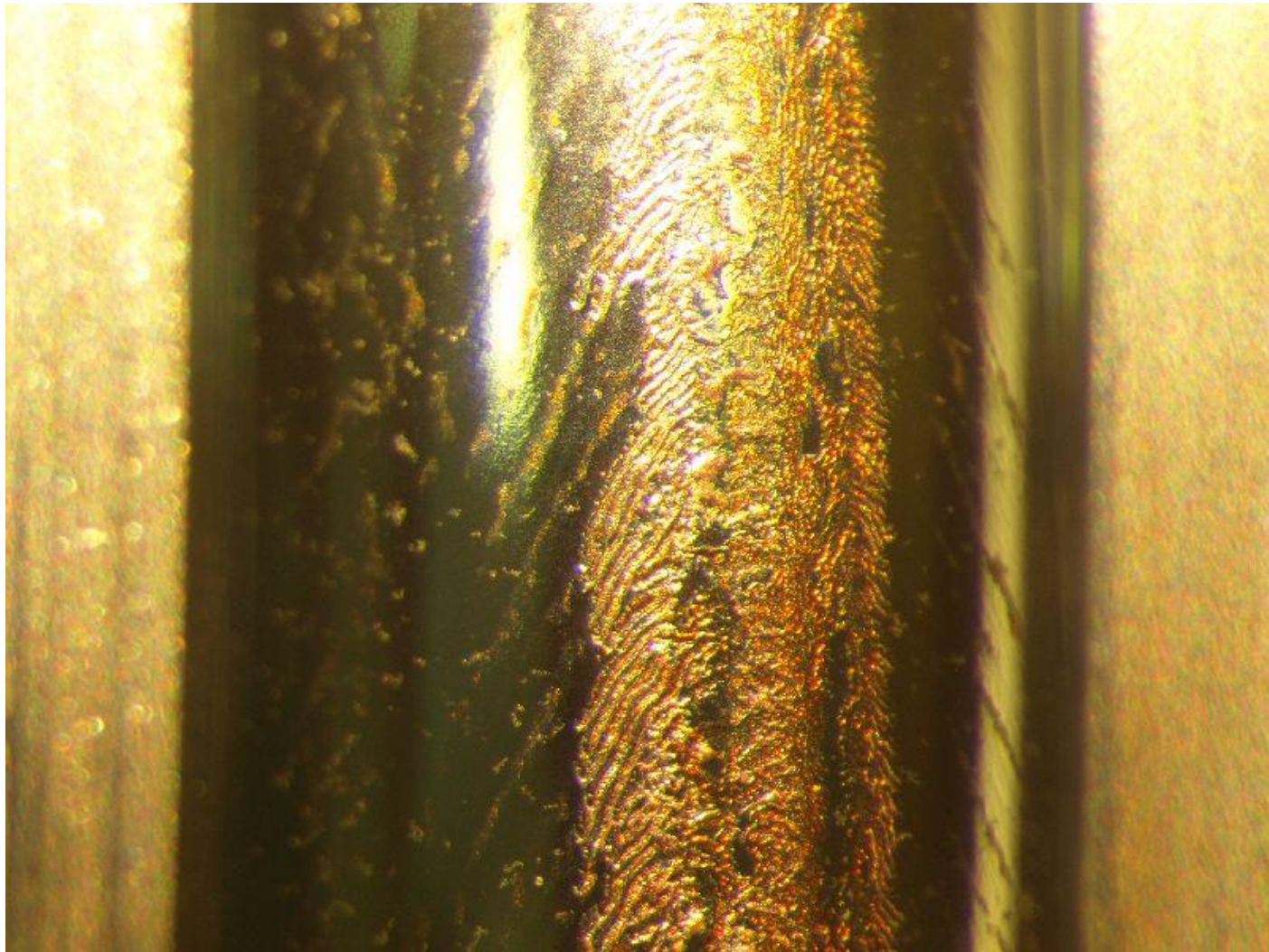


Vibrace

- Poškození ložiska tzv. vibrační koroze

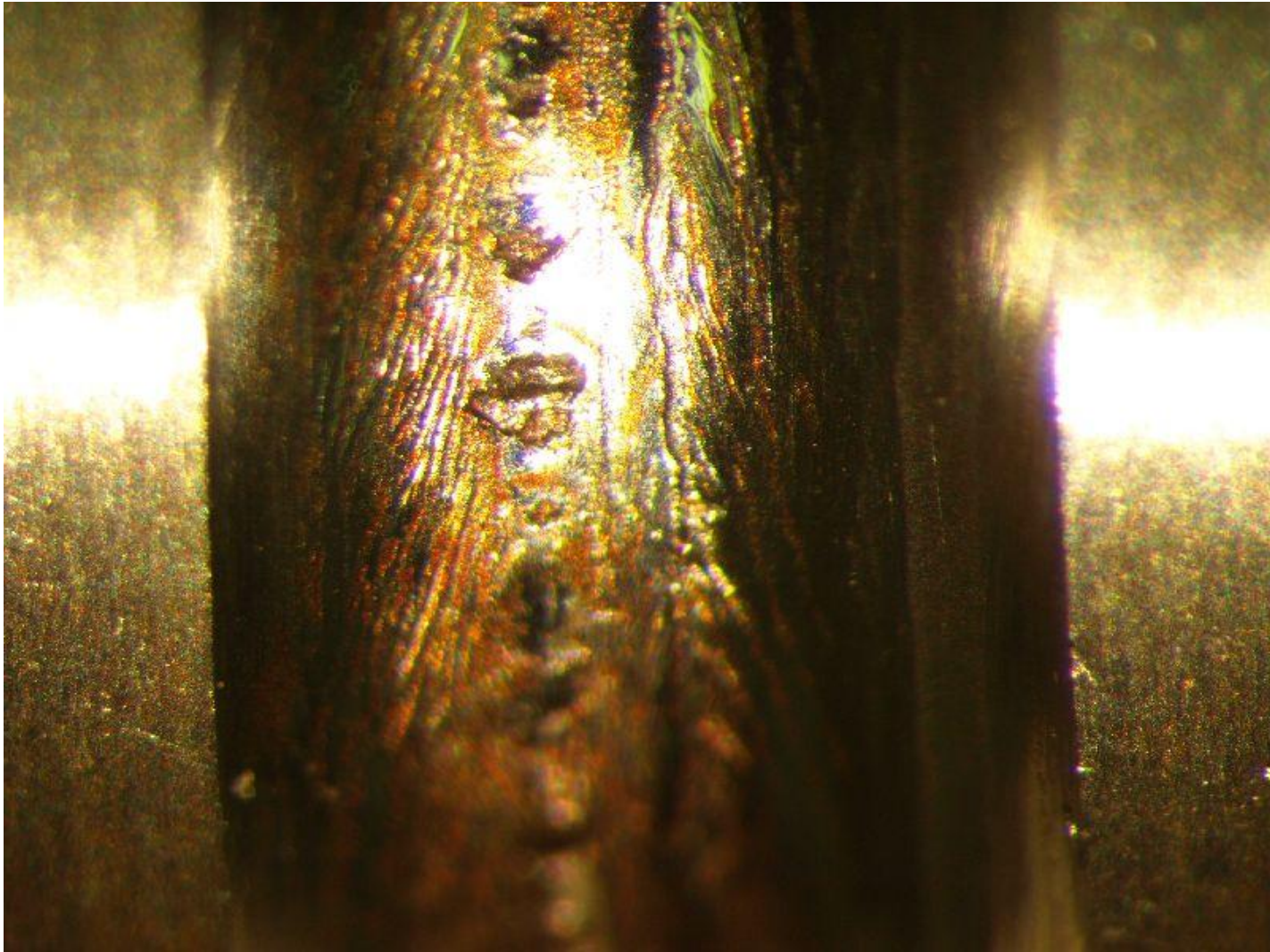
6000RSR

Vnější kroužek – záběhová stopa oběžné dráhy, zatížené pásmo.



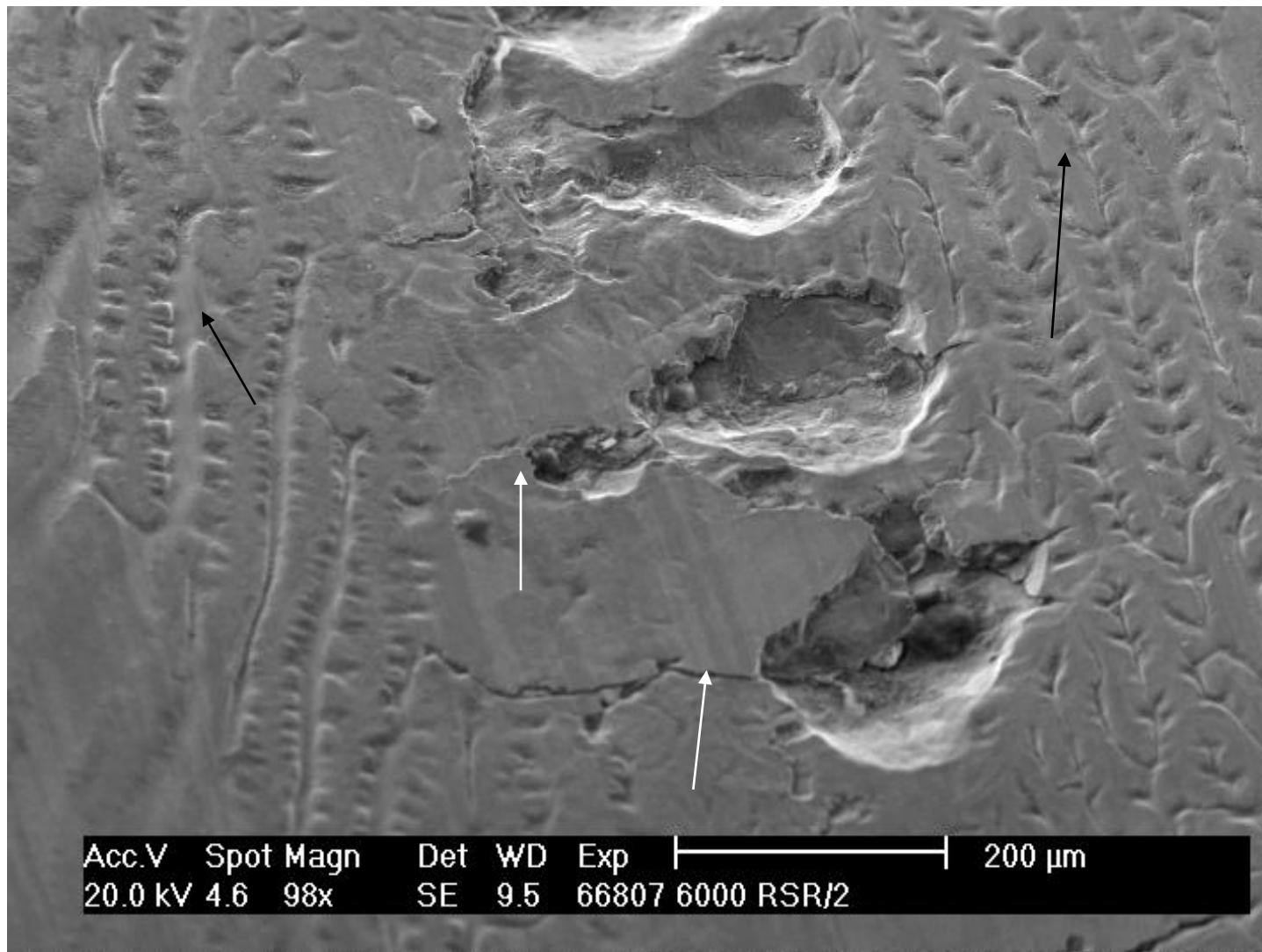
6000RSR

Vnitřní kroužek – záběhová stopa oběžné dráhy.



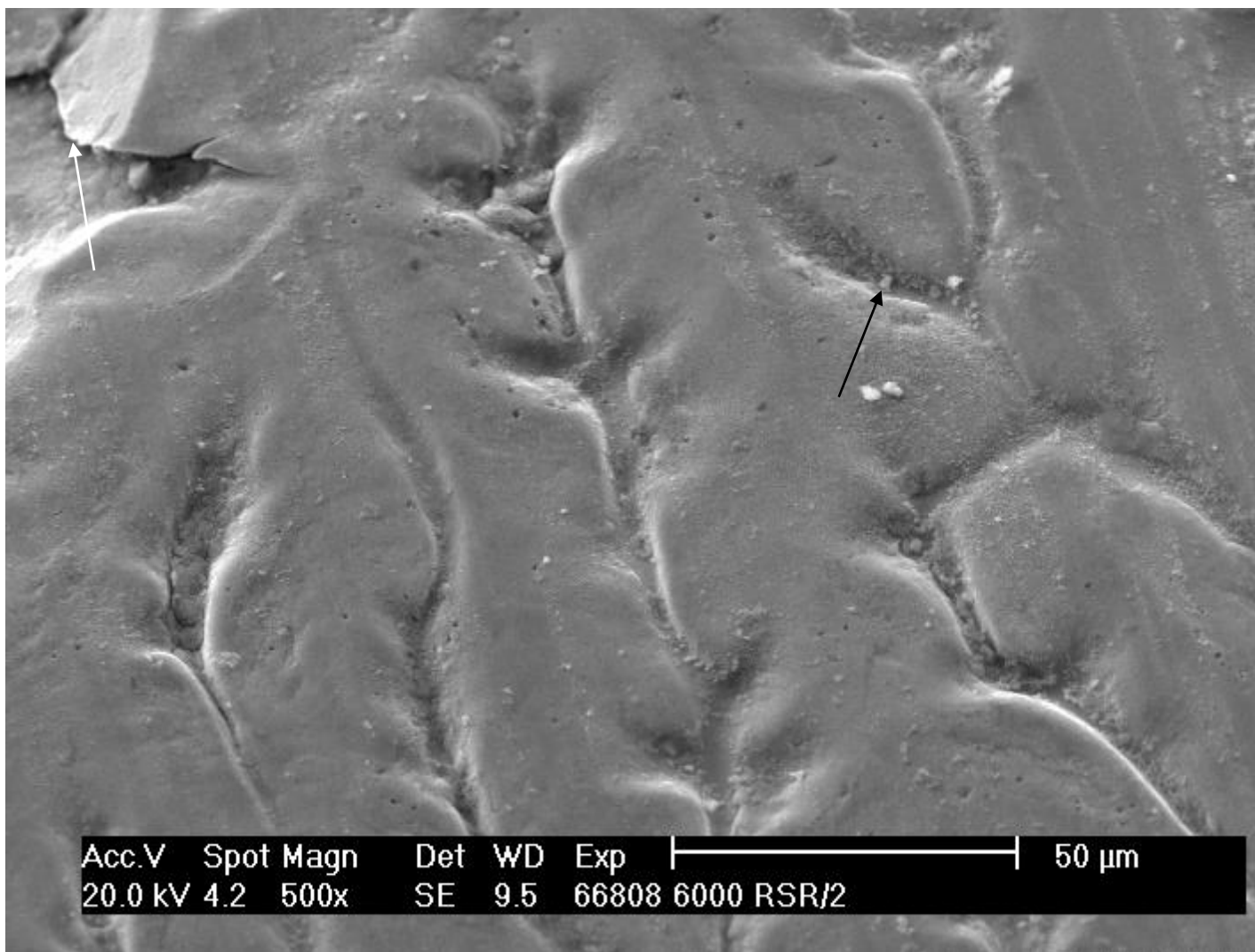
6000RSR

Vnitřní kroužek – záběhová stopa oběžné dráhy, trhlinky povrchového únavového poškození (bílá šipka) s následným pittingem, vibrační koroze (černá šipka).



6000RSR

Vnitřní kroužek – záběhová stopa oběžné dráhy, trhlinky povrchového únavového poškození (bílá šipka), vibrační koroze (černá šipka).

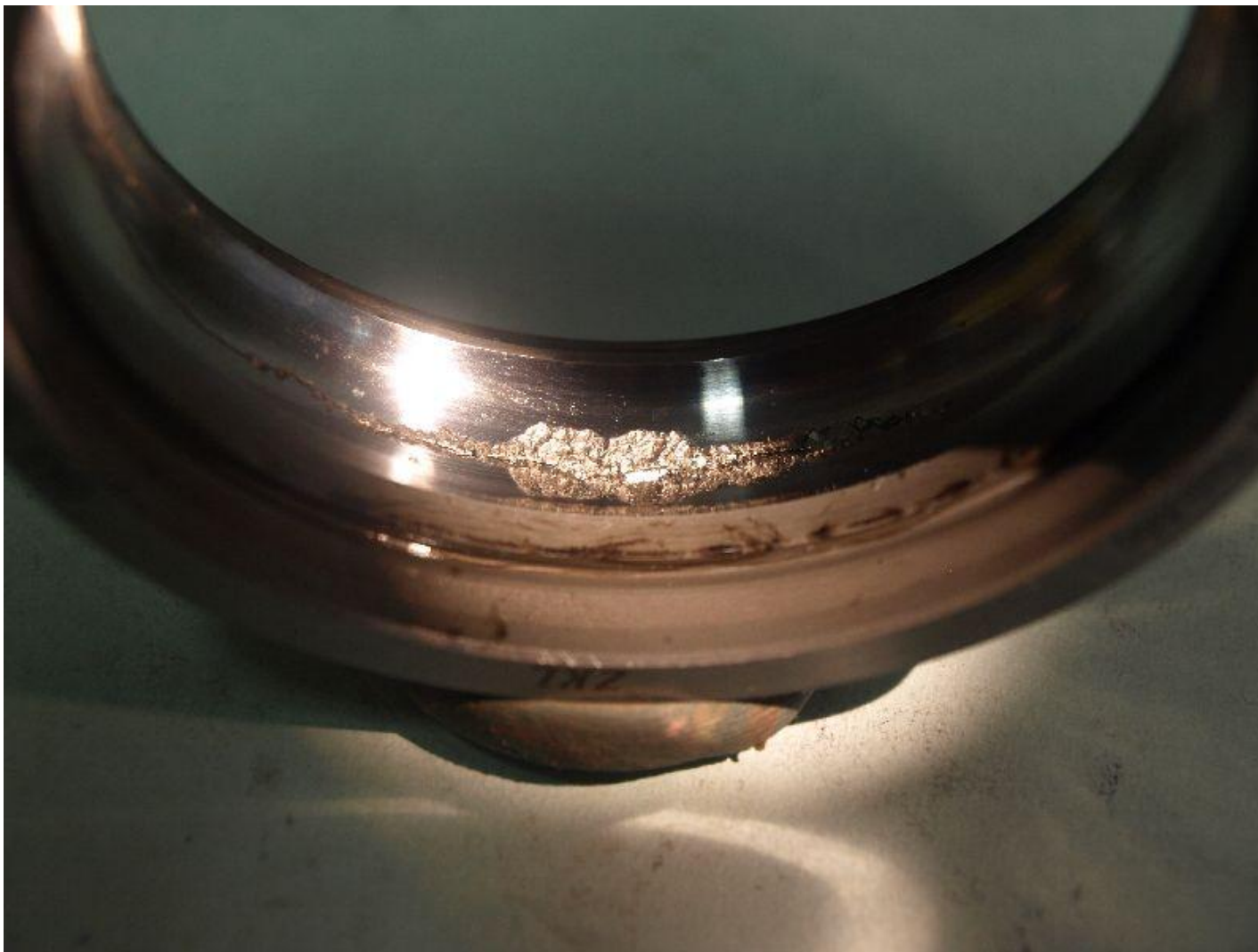


Styková koroze

- Primární lom vnějšího kroužku vychází z vnějšího průměru, z oblasti se značným stupněm rozvoje stykové koroze. Dokazuje to i jeho oxidační zabarvení. Po vzniku trhliny na vnějším průměru vnějšího kroužku dochází na kořeni této trhliny k rozvoji podpovrchového únavového porušení (únavová část lomu) s následným vznikem pittingu.
- Z výše uvedených zjištění lze za původ vzniku lomu označit málo tuhé uložení vnějšího kroužku ložiska v pouzdru zkušební stanice při zkoušce základní dynamické únosnosti.

OA5.311.235.J

Vnější kroužek – pitting a trhlina v oběžné dráze.



OA5.311.235.J Vnější kroužek – styková koroze vnějšího průměru.

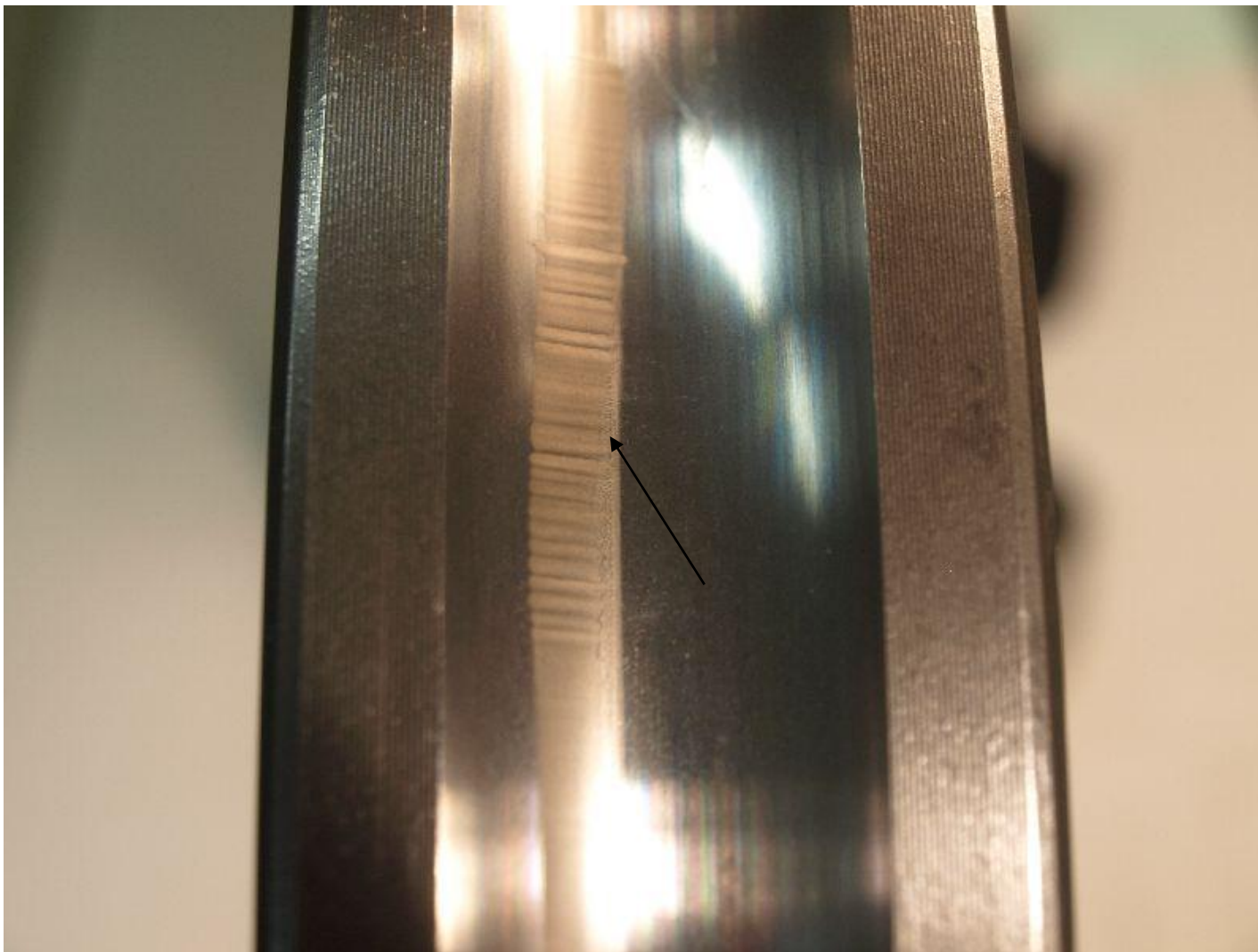


Průchod elektrického proudu přes ložisko

- Zjištění příčiny hluku a vibrací ložisek za provozu v uložení rotoru generátoru.

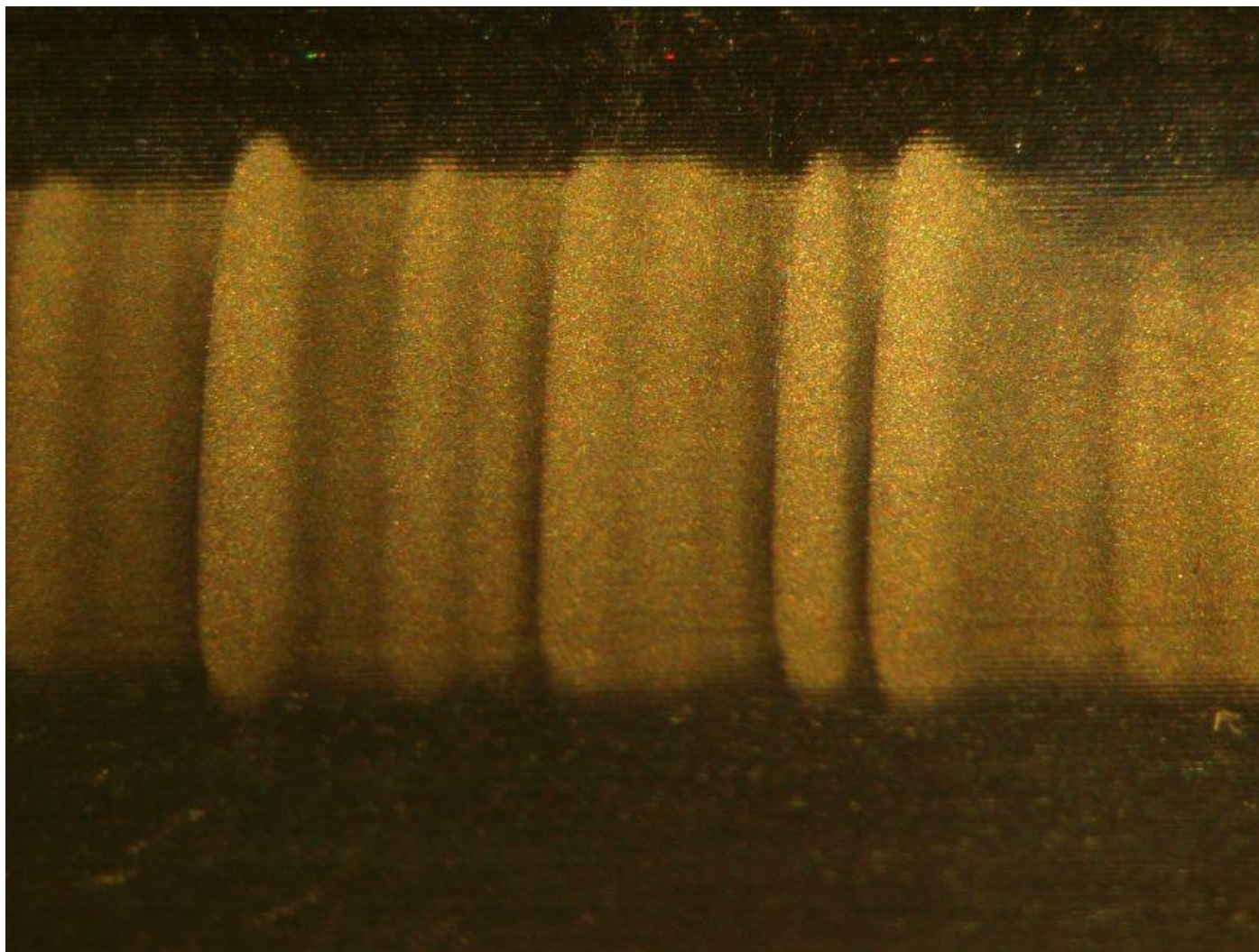
61876 MA/C3

Vnitřní kroužek – oběžná dráha, záběhová stopa poškozená elektrokorozí.



61876 MA/C3

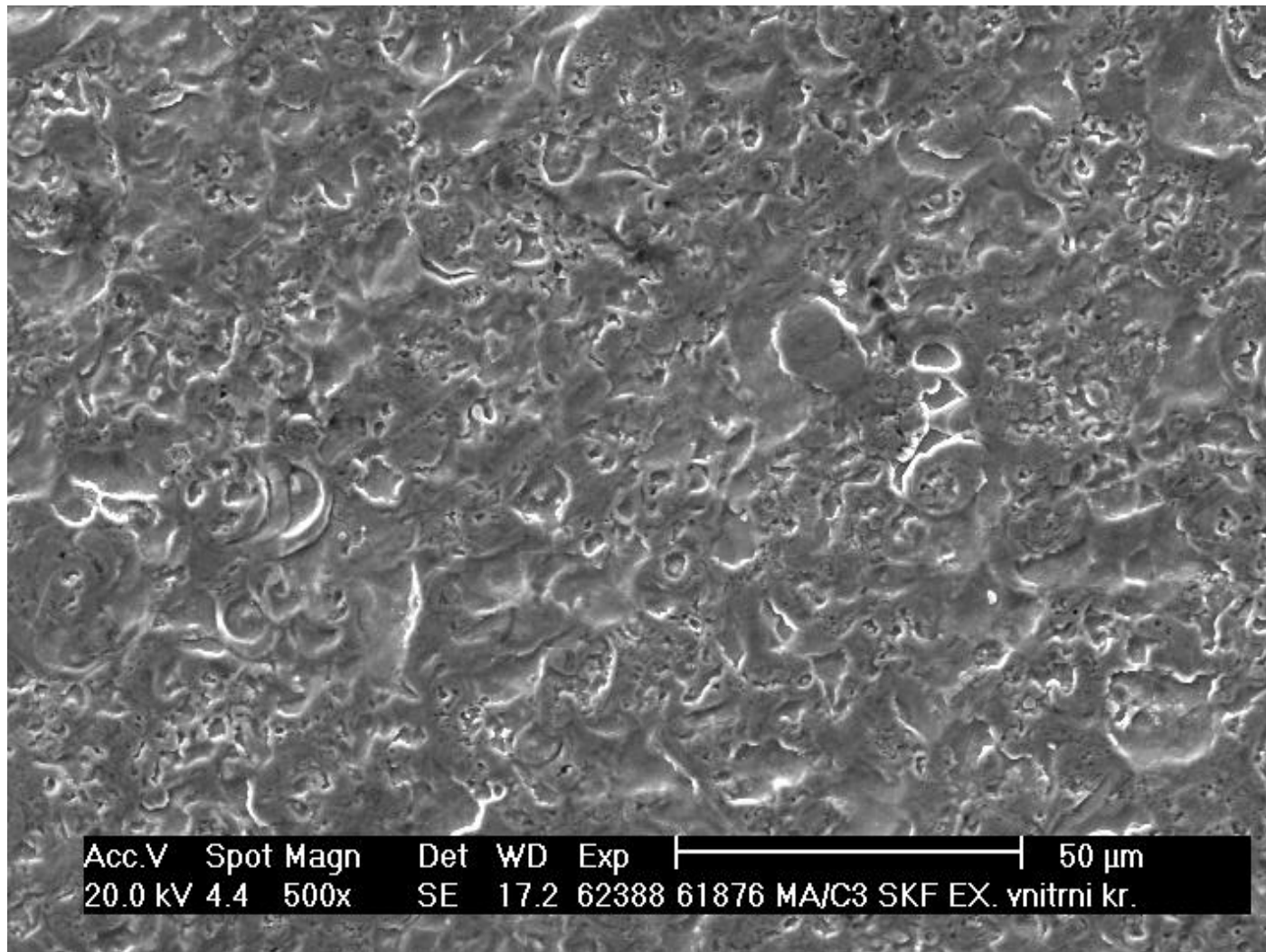
Vnitřní kroužek – oběžná dráha, záběhová stopa poškozená elektrokorozí. Zv.: 8x



61876 MA/C3

Vnitřní kroužek – oběžná dráha, záběhová stopa poškozená elektrokorozí.

Zv.: 500x ŘEM



Nedbale provedená montáž ložiska do uložení

- Poškozené upínací kuželové pouzdro vnitřního kroužku – například protočením kroužku předchozího ložiska vedlo k rozlámání vnitřního kroužku za provozu přetíženého ložiska.

Ložisko 231 72 KW33M

Vnitřní kroužek – dodaný stav

Zv.: makro



Ložisko 231 72 KW33M

Vnitřní kroužek – lom oběžné dráhy A ve směru valení

Zv.: makro



Ložisko 231 72 KW33M

Vnitřní kroužek – odlámaná hrana lomu směrem z oběžné dráhy a růstové čáry lomu oběžné dráhy A ve směru valení

Zv.: makro



Ložisko 231 72 KW33M

Vnitřní kroužek – pruh ztvrdlého maziva v mezeře mezi menším průměrem díry a stahovacím pouzdrem, tepelně oxidační zabarvení povrchu díry

Zv.: 8x

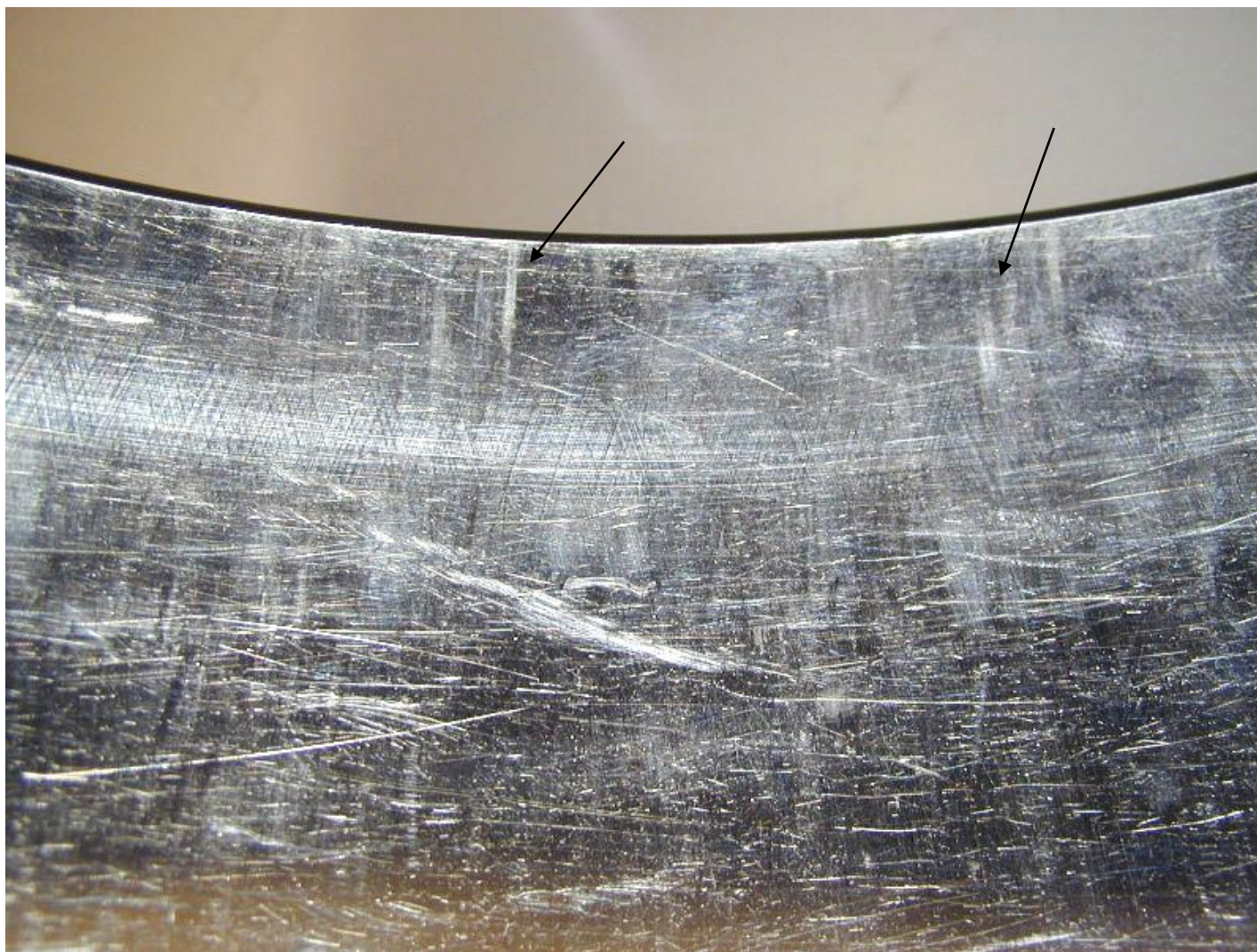


Neodborně provedená montáž ložiska do uložení

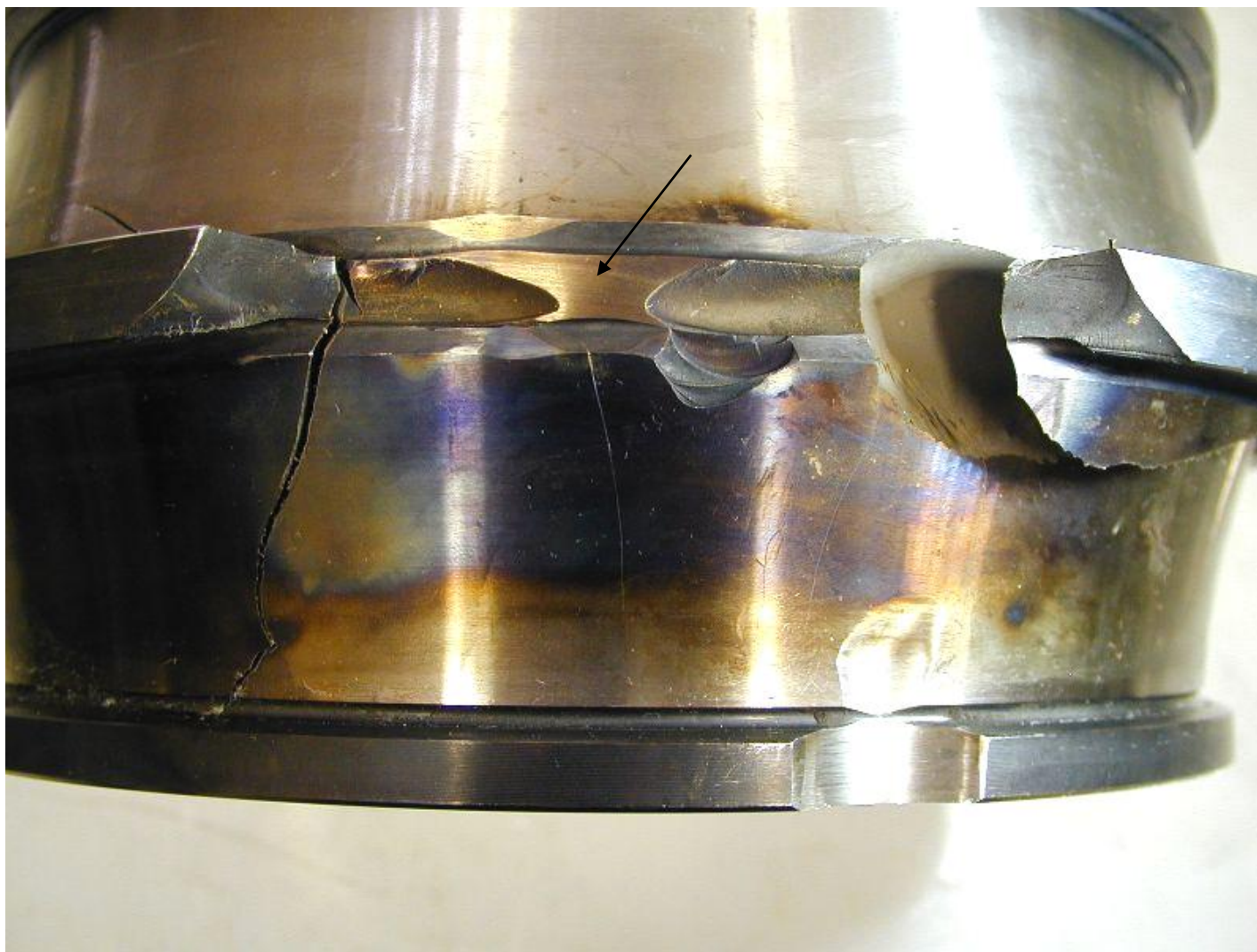
- Ložisko bylo namontováno, pro velkou hlučnost a zadrhávání v chodu vymontováno z uložení a reklamováno.
- Montáž ložiska na hřídel proběhla rázy přes vnější kroužek.
- Taková montáž ložiska odporuje všem montážním předpisům a doporučením.
- Následek – vylomení středního nákrůžku a pokus o zaretušování montážního pochybení.

232 44CW33M

Vnější kroužek – značené čelo



232 44CW33M
Vnitřní kroužek



232 44CW33M

Vnitřní kroužek – čelo nákržku ze strany oběžné dráhy neznačeného čela



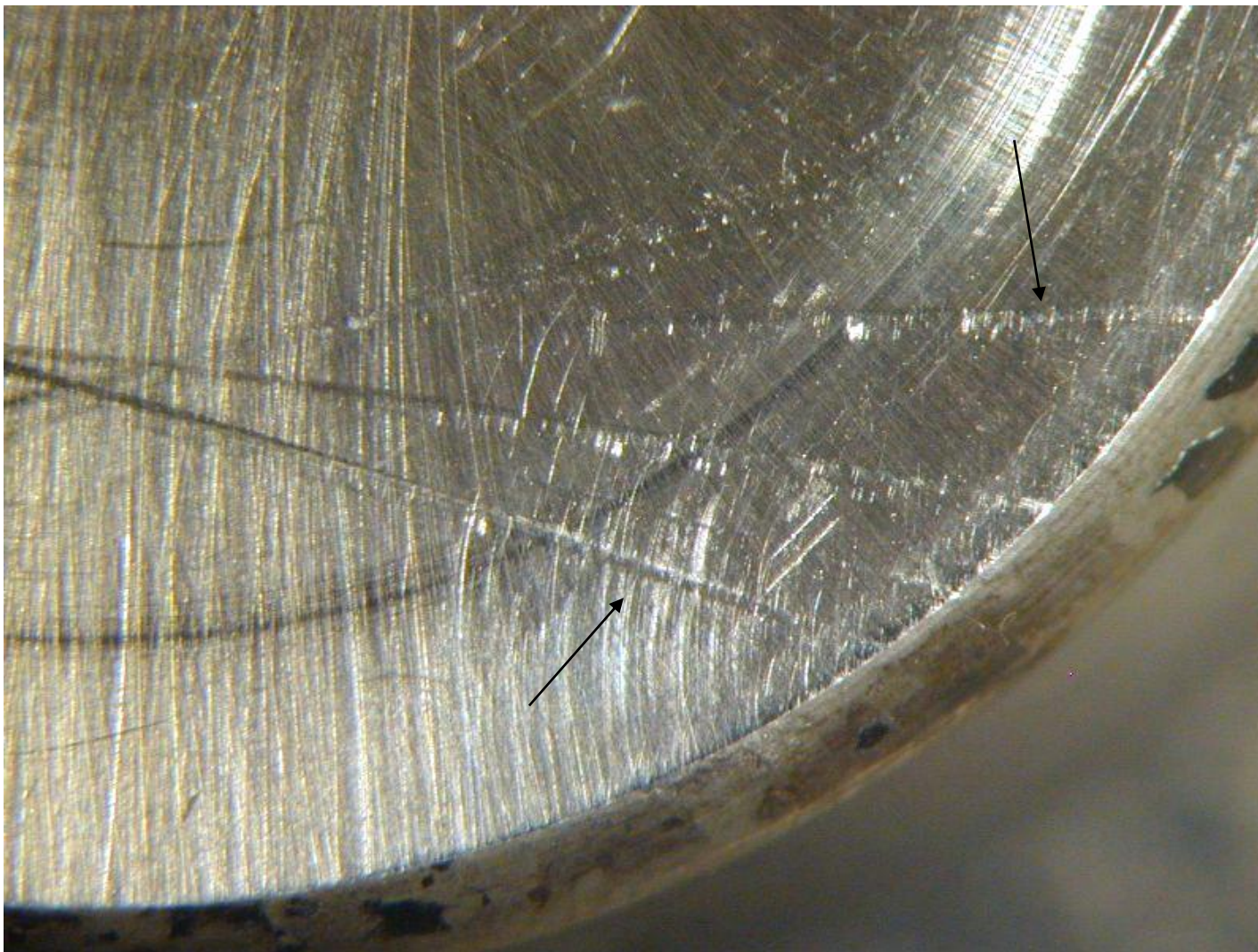
232 44CW33M

Vnitřní kroužek – čelo vylomené části nákržku ze strany oběžné dráhy neznačeného čela



232 44CW33M

Soudeček – poškození funkčního čela rázy o střední nákrůžek

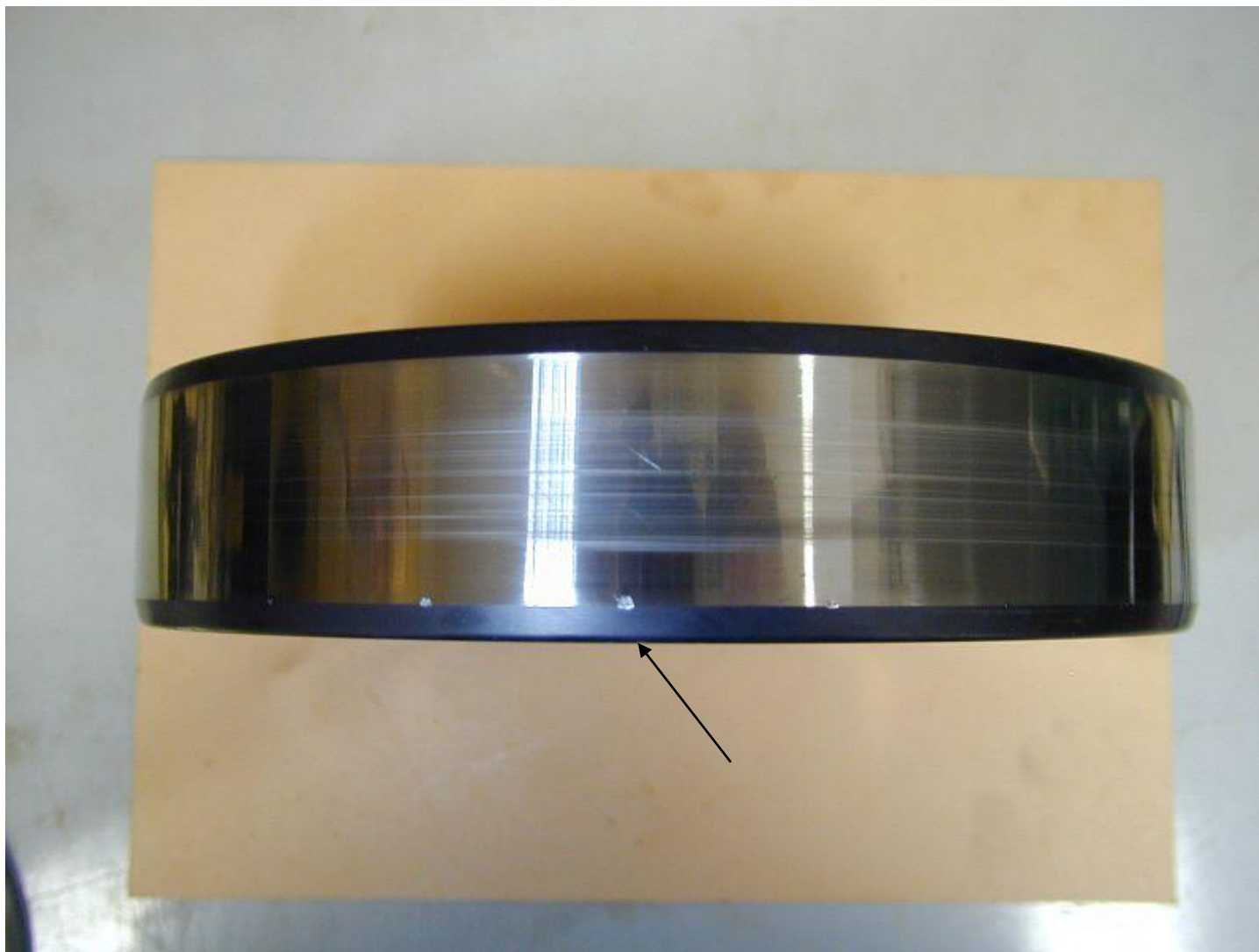


Nedbalá montáž

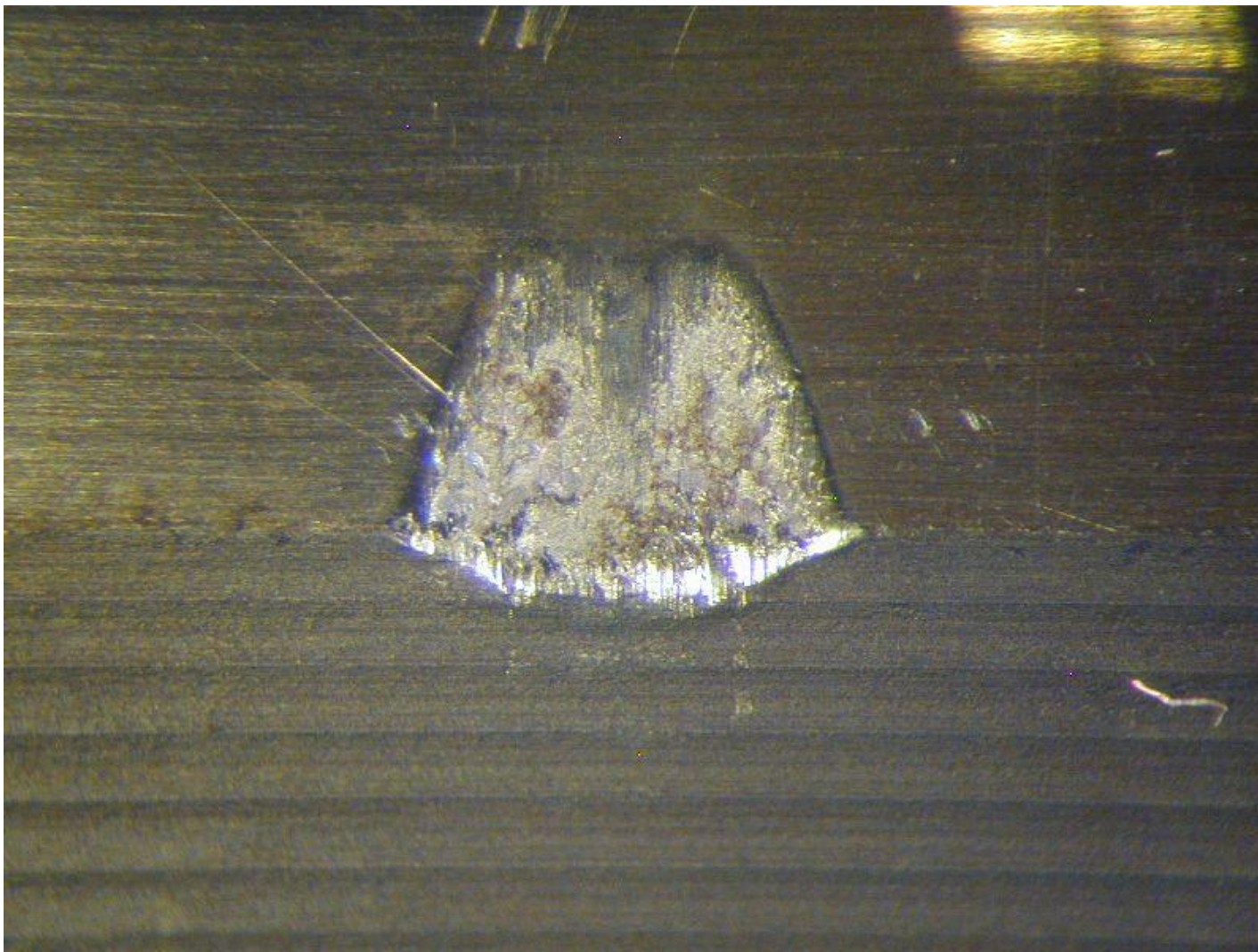
- Nové válečkové ložisko bylo po montáži demontováno pro vysokou hladinu hluku

NU 1038ML/C3

Vnitřní kroužek – oběžná dráha

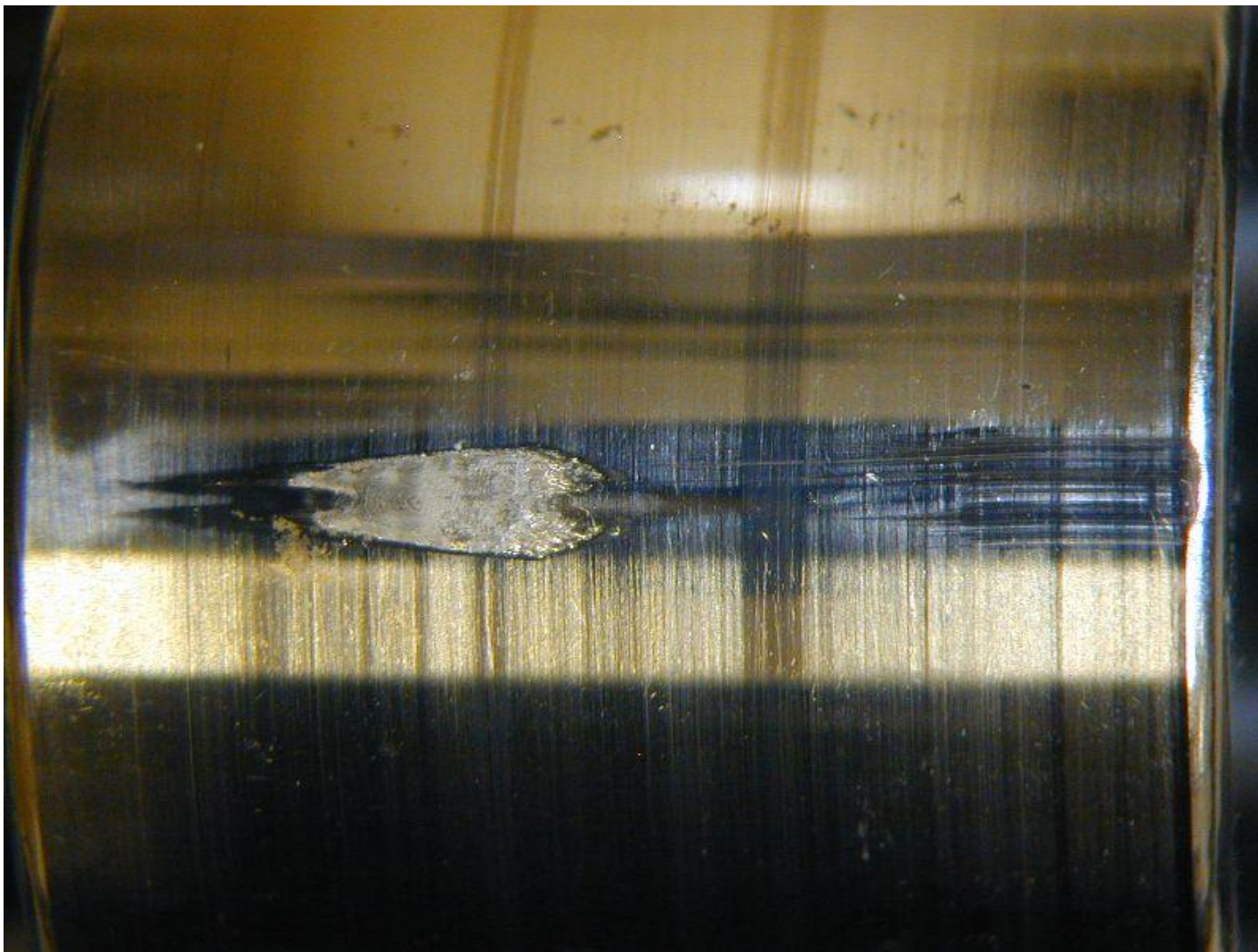


NU 1038ML/C3 Vnitřní kroužek – poškození okraje oběžné dráhy



NU 1038ML/C3

Váleček s poškozeným pláštěm – detail naneseného materiálu třením o vnitřní kroužek.



Chybně provedená montáž

- Vymezení vnitřní vůle v ložisku s kuželovým upínacím otvorem na nulovou hodnotu

222 24 EKW33J

Ložisko v dodaném stavu

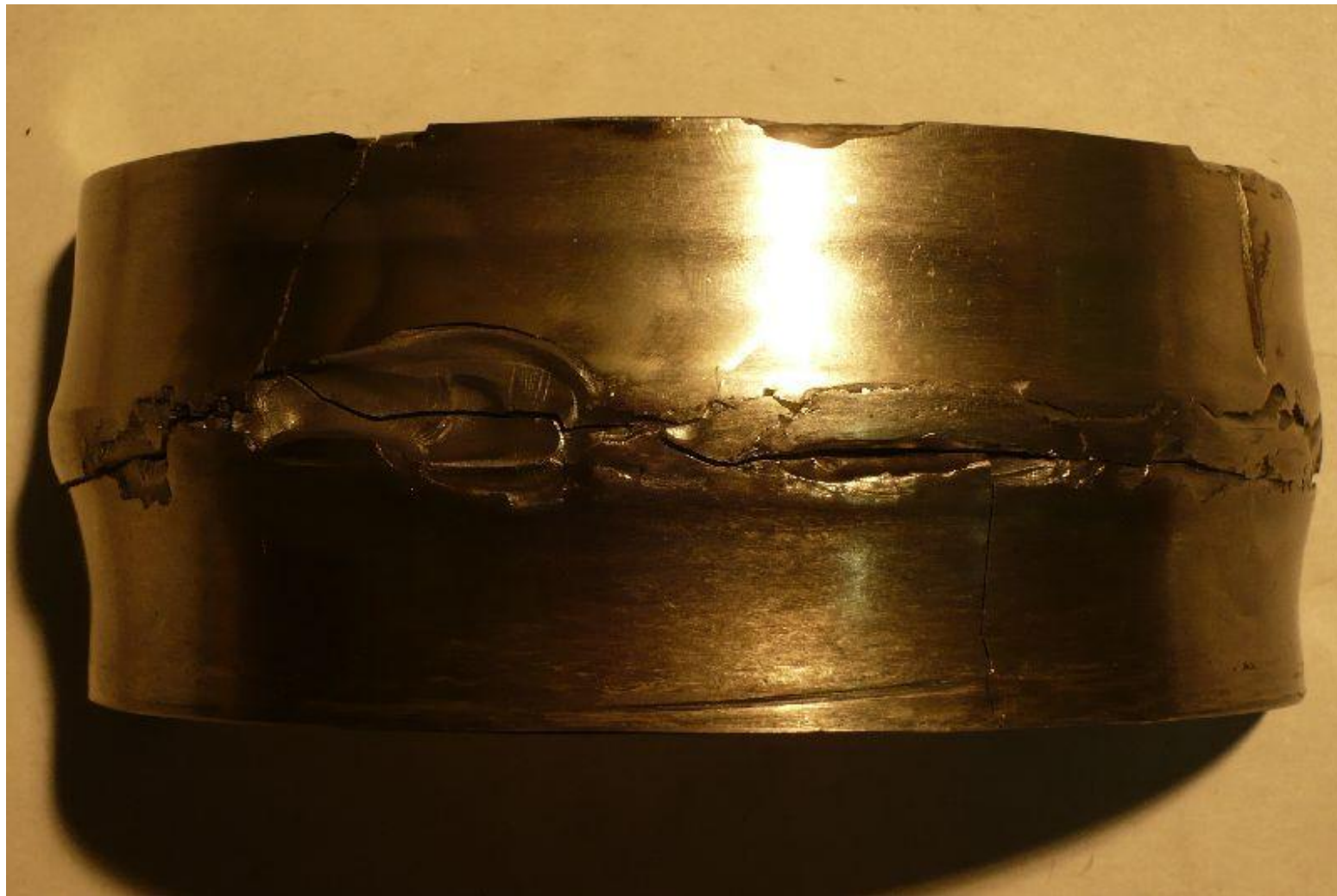


222 24 EKW33J
Vnější kroužek - čelo



222 24 EKW33J

Vnitřní kroužek – oběžné dráhy se středním nákrůžkem



222 24 EKW33J
Soudeček – plášť



Nevhodně volené ložisko pro dané zatížení

- Poškození jedné oběžné dráhy soudečkového ložiska vlivem axiálního přetížení
- Vodící funkce klece zůstala zachována

NJ2213C3 – Axiálně přetížené válečkové ložisko

Vnitřní kroužek – oběžná dráha, záběhová stopa posunuta k činnému čelu příruby.



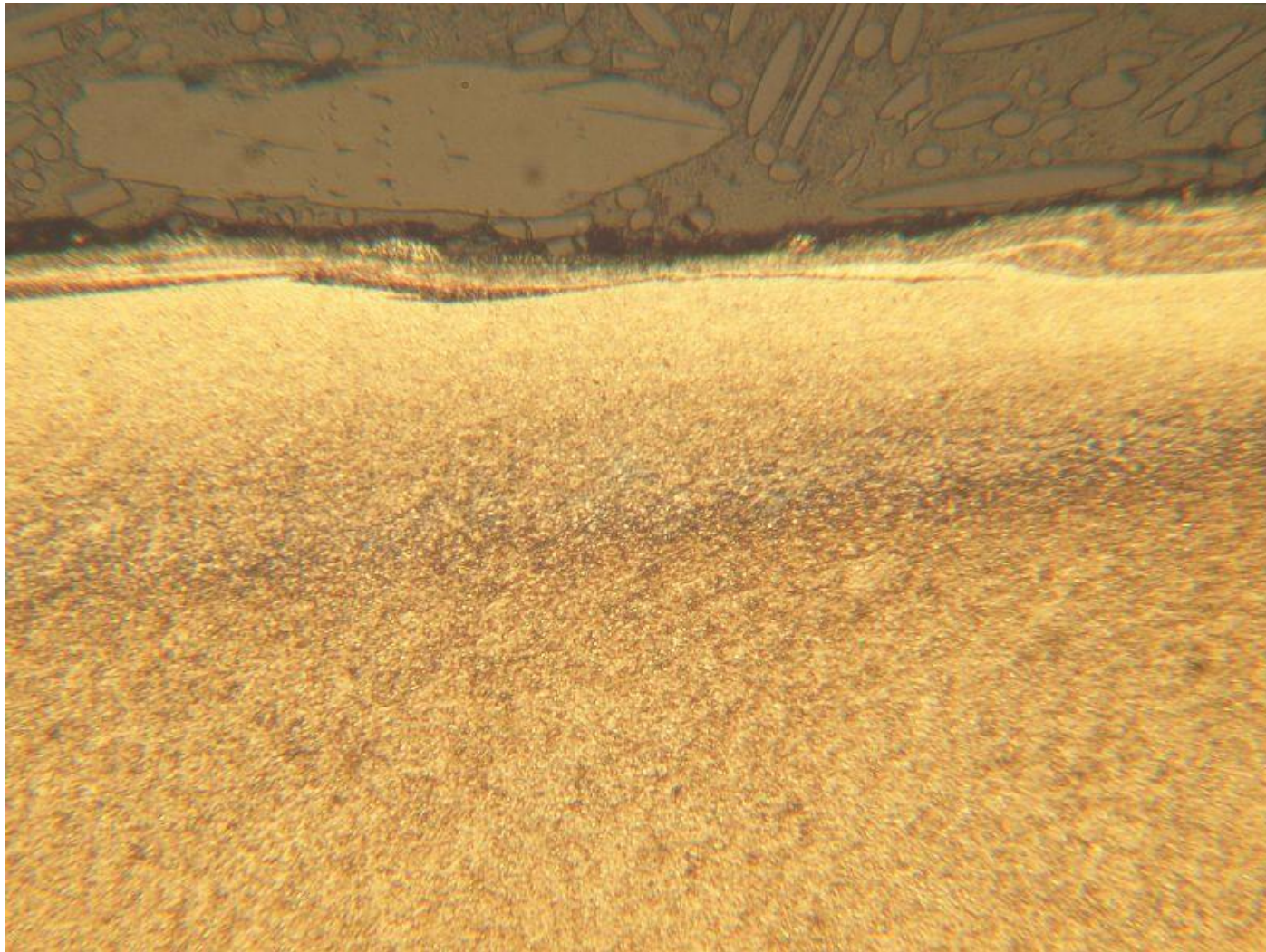
NJ2213C3

Vnitřní kroužek – poškození činného čela příruby.

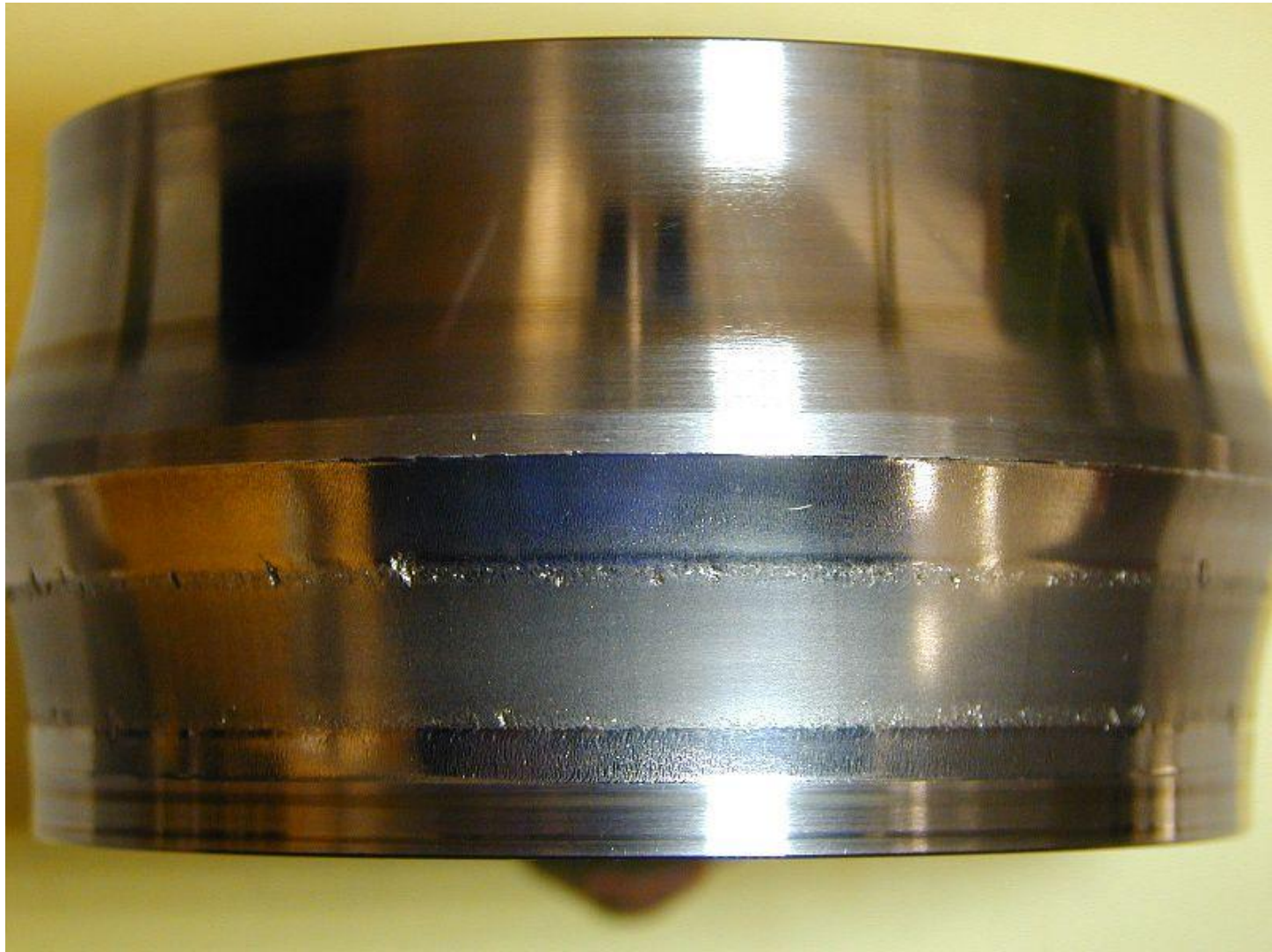


NJ2213C3

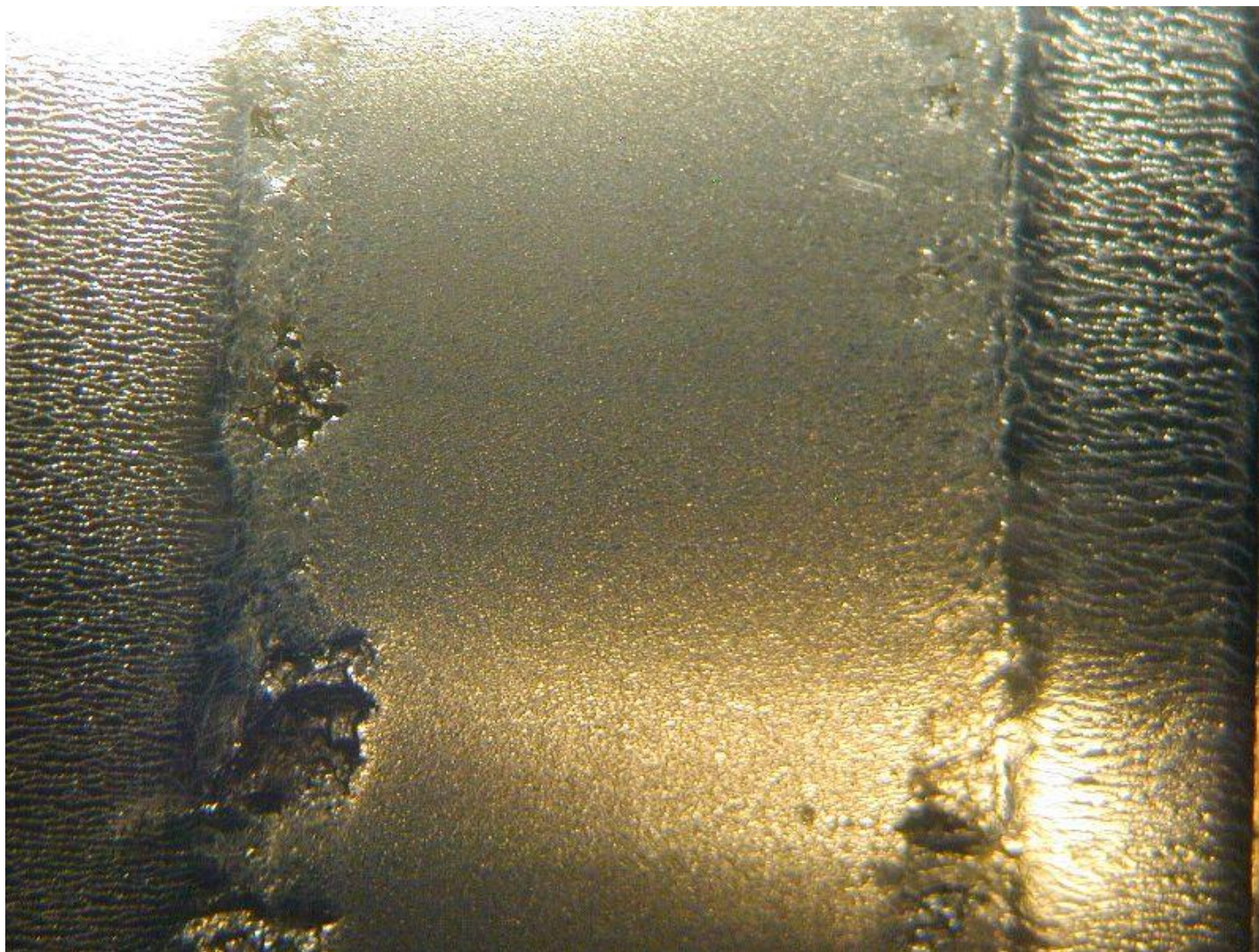
Vnitřní kroužek – metalografický výbrus z řezu rovnoběžného s osou kroužku, funkční čelo příruby, šipkou označena WEA.



PLC 58 – 13
Vnitřní kroužek
Zv.: makro



PLC 58 – 13
Vnitřní kroužek
Zv.: 8x



Nevhodně volené ložisko pro dané zatížení

- Poškození jedné oběžné dráhy soudečkového ložiska vlivem axiálního přetížení
- Klec zničena – ztráta vodící funkce klece

222 24 KW33

Vnější kroužek – oběžná dráha

Zv.: makro



222 24 KW33

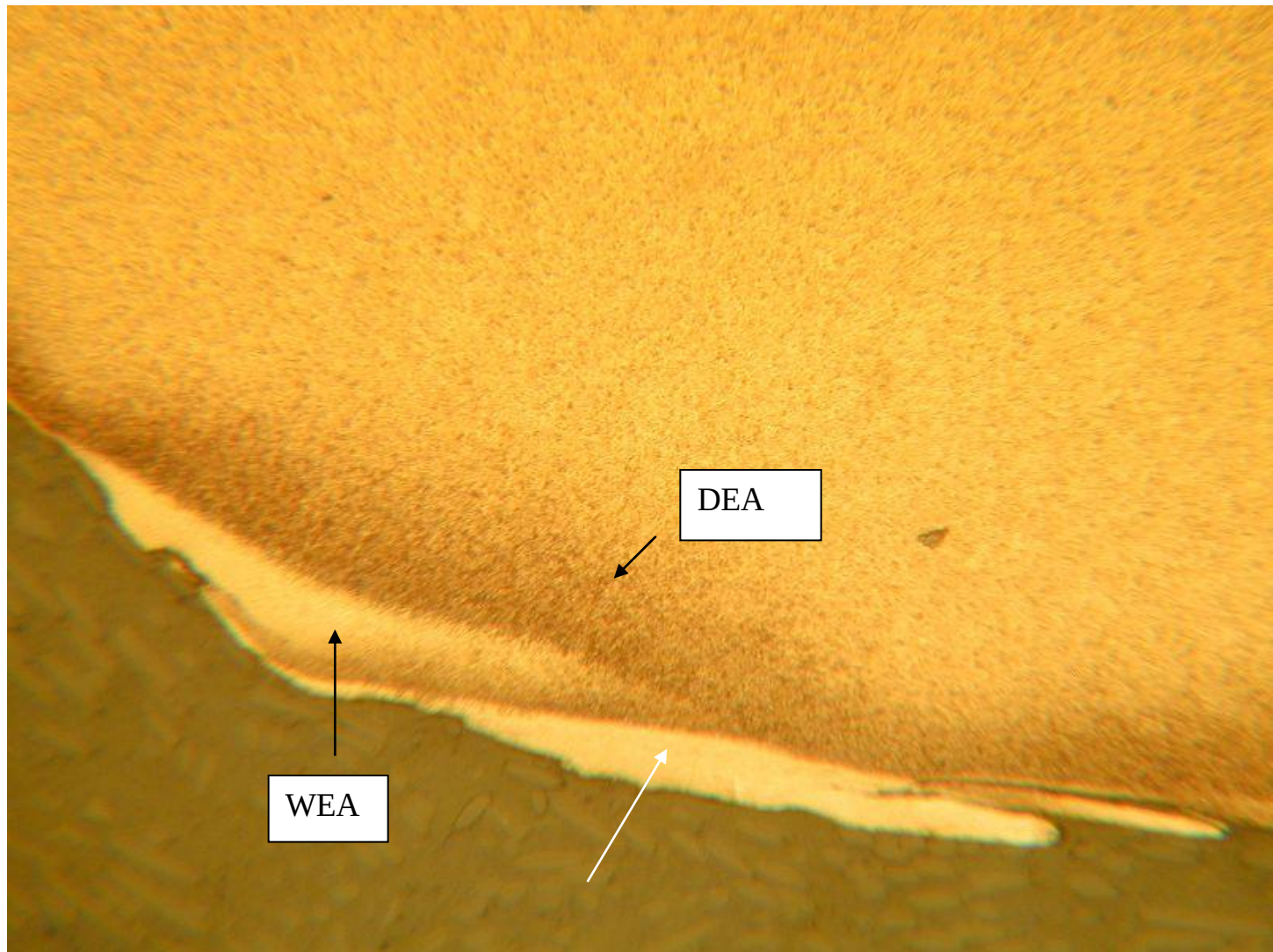
Vnitřní kroužek – oběžné dráhy



222 24 KW33

Vnitřní kroužek – metalograf. výbrus pod oběžnou drahou B

Zv.: 1000x



Nevhodná volba ložiska pro dané uložení

- Byla provedena záměna soudečkového ložiska se suvně uloženým vnějším kroužkem axiálně volného uložení hřídele za toroidní ložisko CARB (pat.SKF).
- K poruše ložiska CARB došlo z důvodu potřeby většího axiálního posuvu, než toto ložisko umožňuje.

Ložisko C3236

Výřez z vnějšího a vnitřního kroužku



Ložisko C3236

Vnější kroužek – poškození oběžné dráhy – pitting



Ložisko C3236

Vnější kroužek – styková koroze



Ložisko C3236

Vnitřní kroužek – poškození oběžné dráhy – pitting



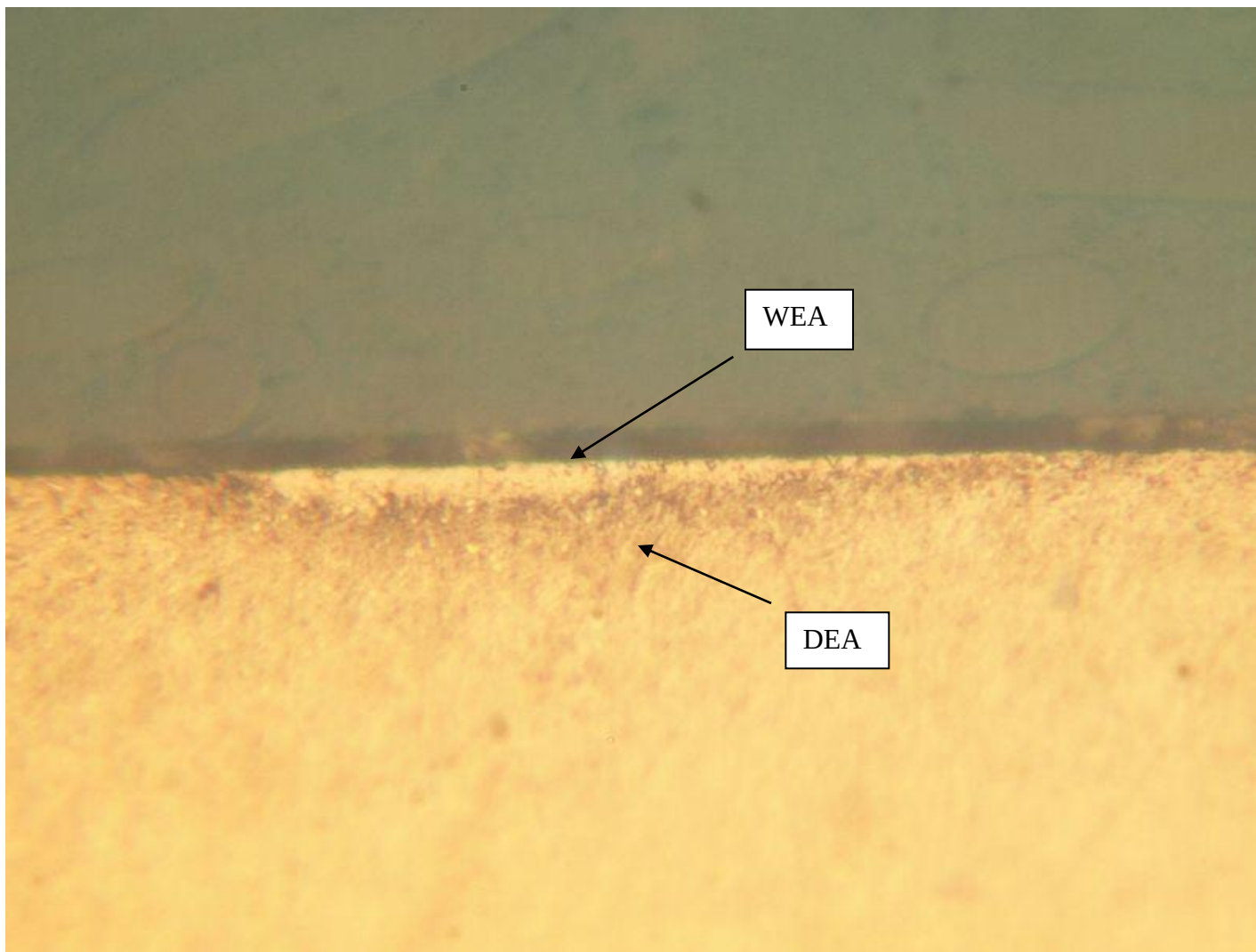
Ložisko C3236

Valivá tělesa – poškození povrchu, pitting



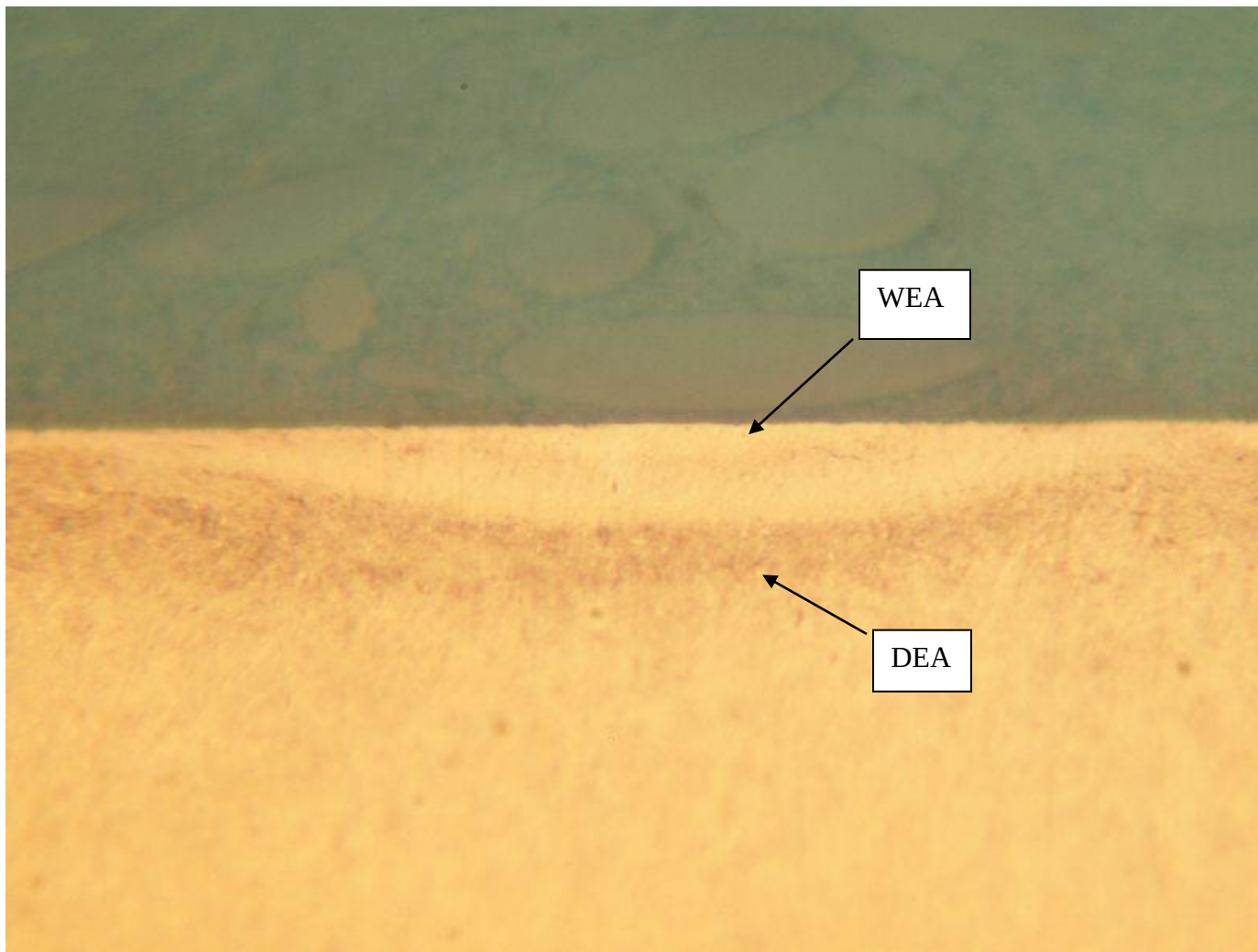
Ložisko C3236

Vnější kroužek – WEA, DEA pod oběžnou dráhou, Zv.: 500x



Ložisko C3236

Vnitřní kroužek – WEA, DEA pod oběžnou dráhou, Zv.: 500x



Nevhodná volba ložiska pro dané uložení

- Ložisko zničeno působením axiální síly, došlo k vyjetí kuliček mimo oběžnou dráhu.
- Nevhodně volené ložisko nebo velká vnitřní vůle.
- Pomocí rozložení oblastí WEA na metalografickém výbrusu je možné určit směry a poměrné velikosti sil, které způsobily destrukci ložiska.

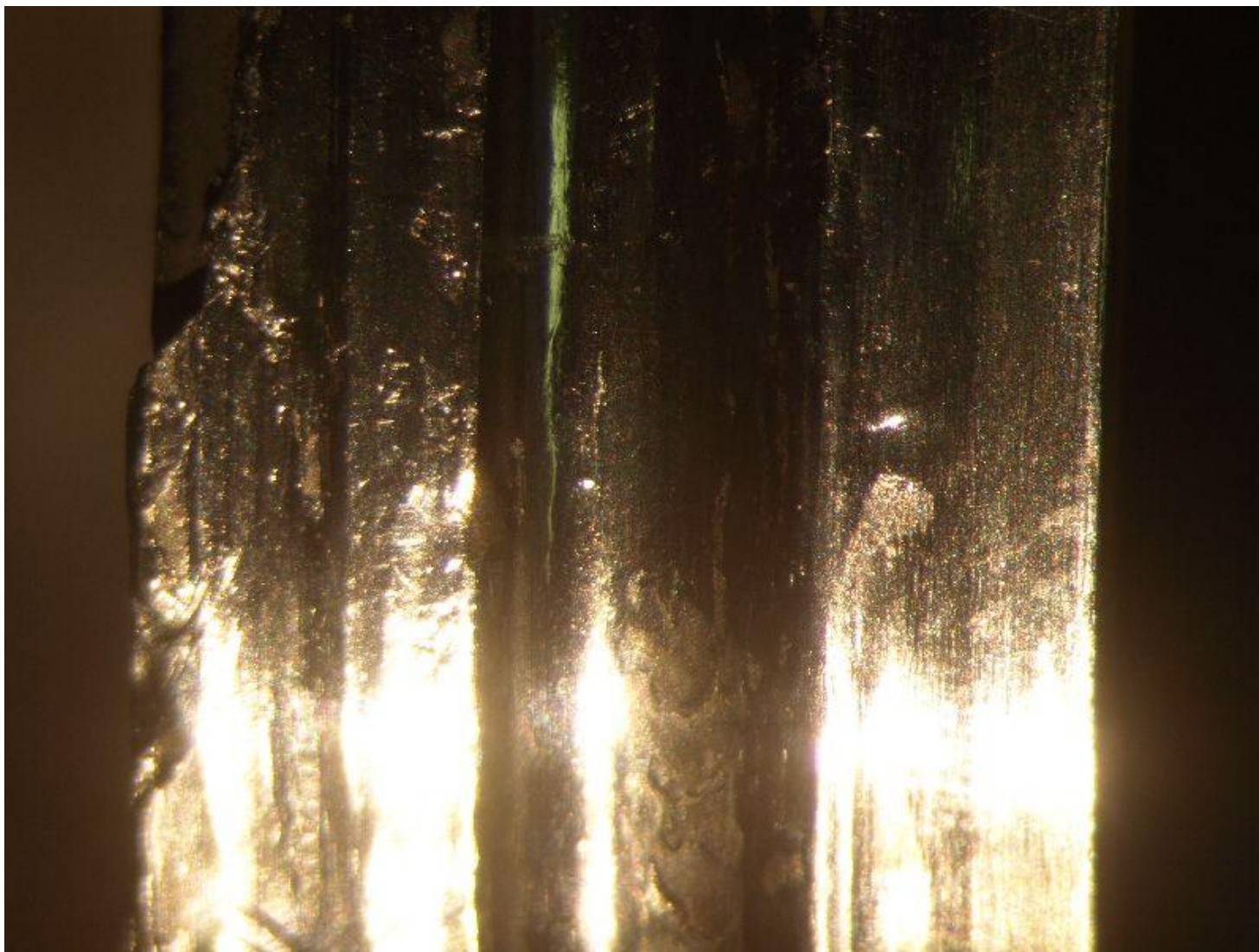
Ložisko 6813

Vnější a vnitřní kroužek – neznačená strana



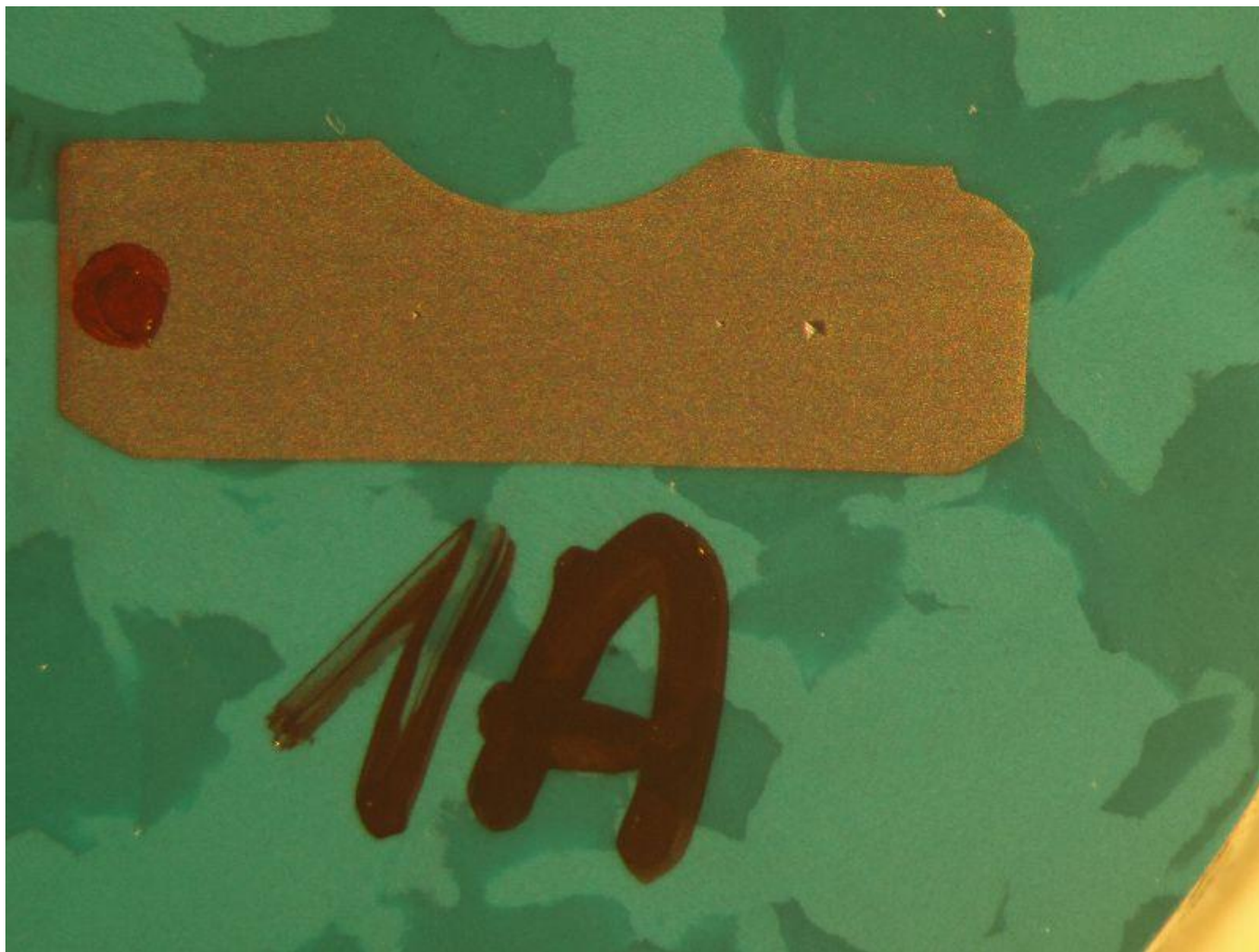
Ložisko 6813

Vnitřní kroužek – oběžná dráha



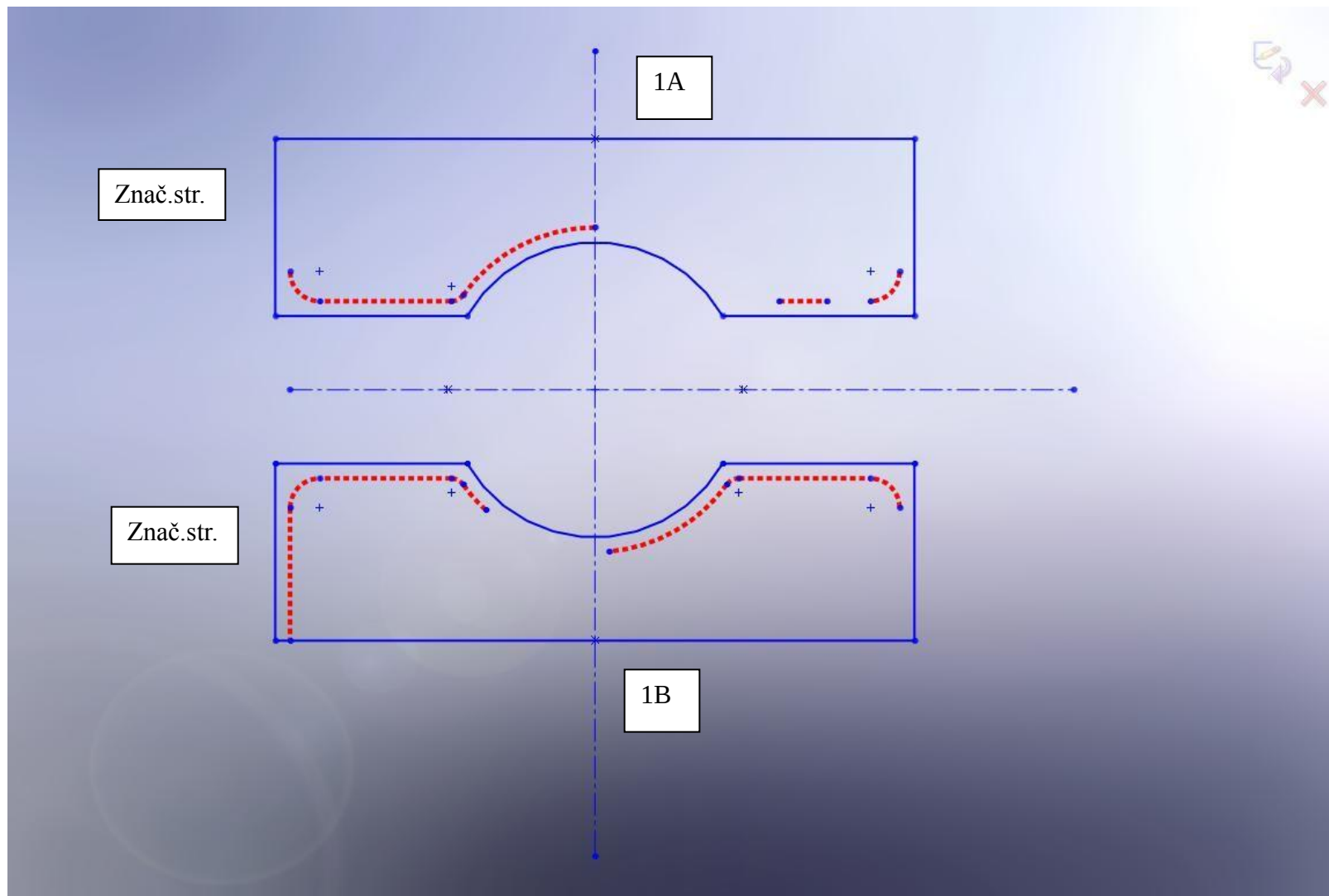
Ložisko 6813

Vnější kroužek – řez kroužkem, tečka označuje znač. stranu



Ložisko 6813

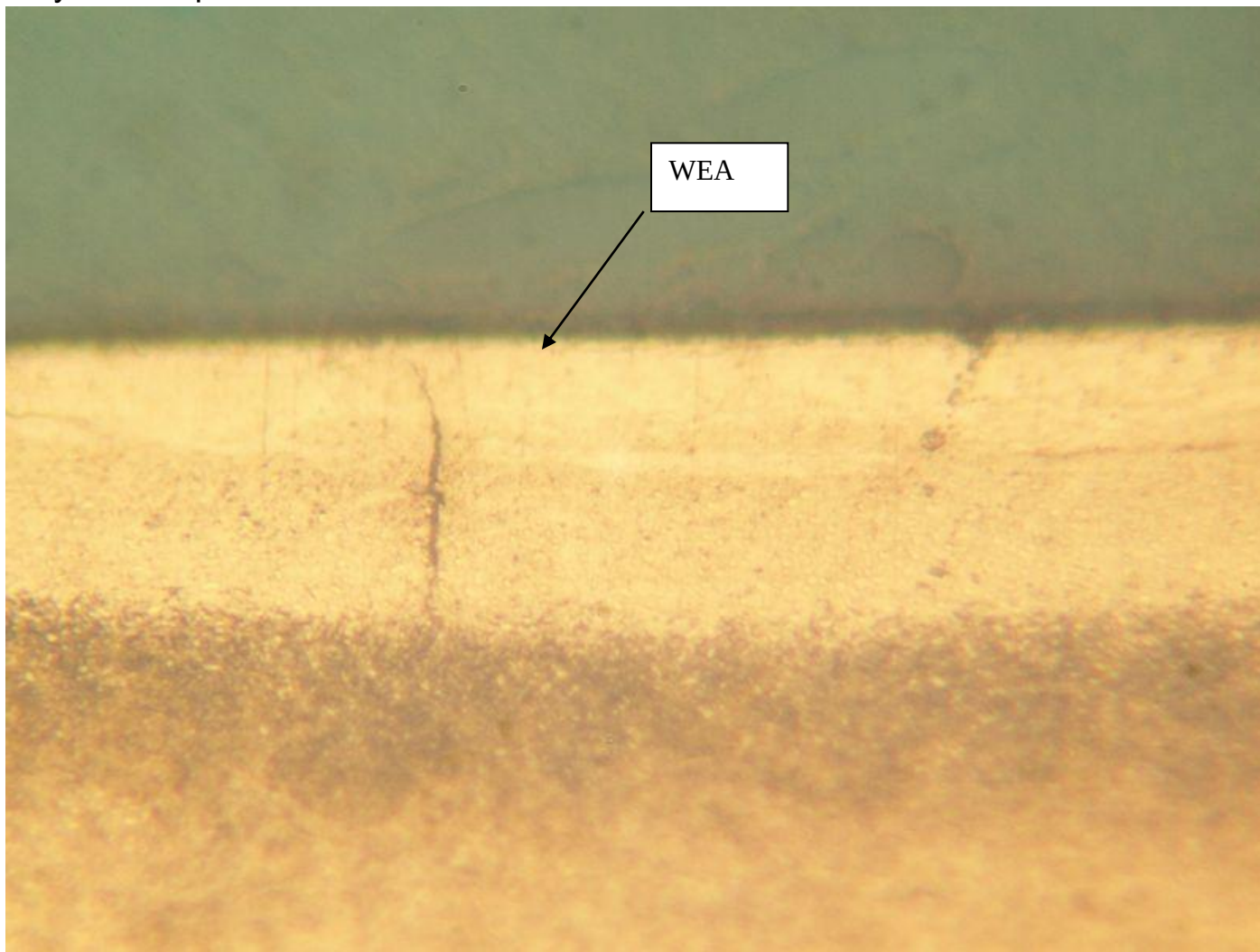
Rozložení vrstvy WEA – označeno červenou čárkovanou čarou.



Ložisko 6813

Vnitřní kroužek – WEA v místech vysokých cyklických tlakových a smykových napětí ve

stykové stopě



Průchod elektrického proudu přes ložisko

- Ložisko hřídele rotoru vodní turbíny přímo spojené s generátorem elektrického proudu.

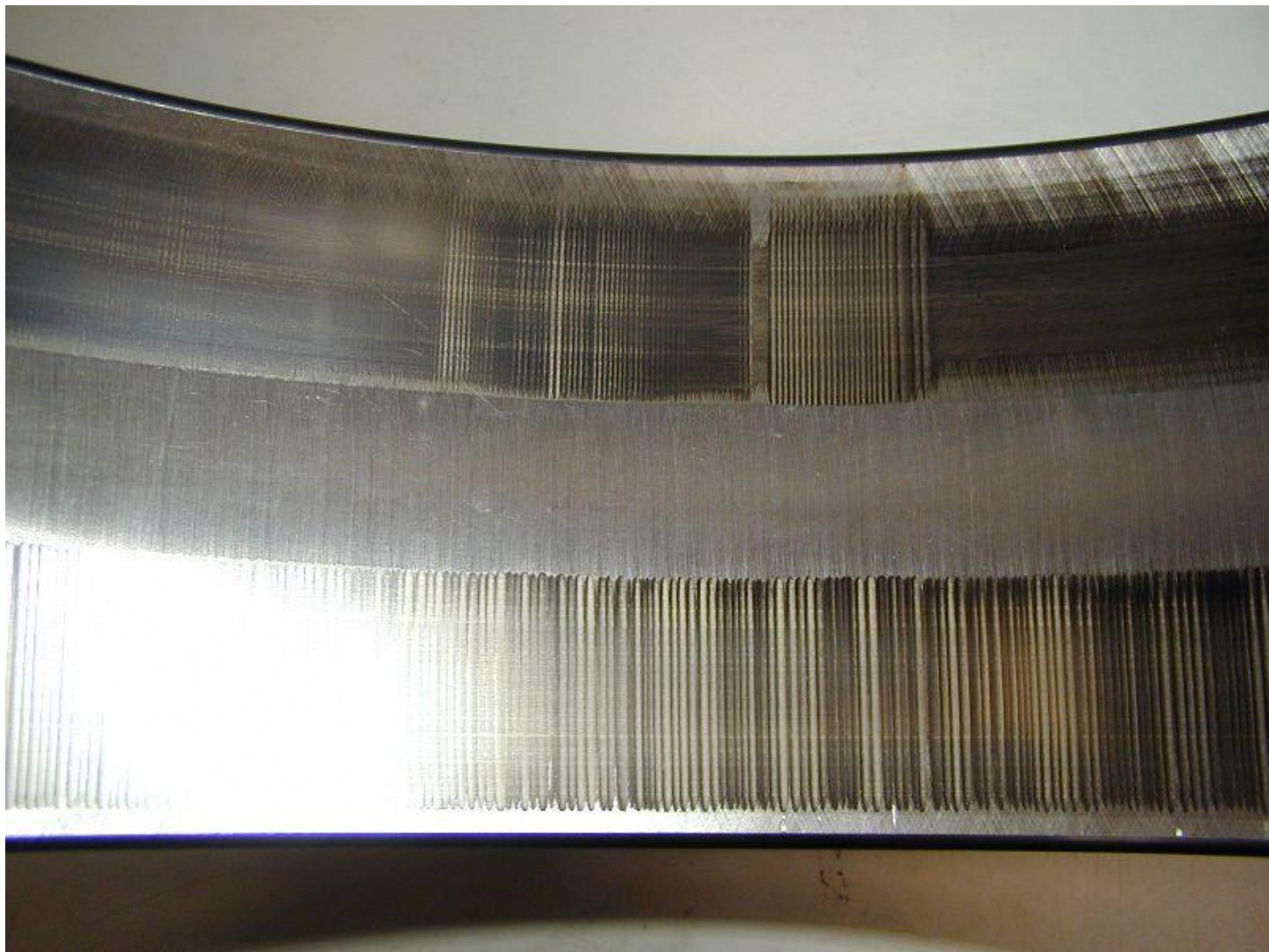
222 36CC/W33

Kompletní ložisko – oběžná dráha vnějšího kroužku



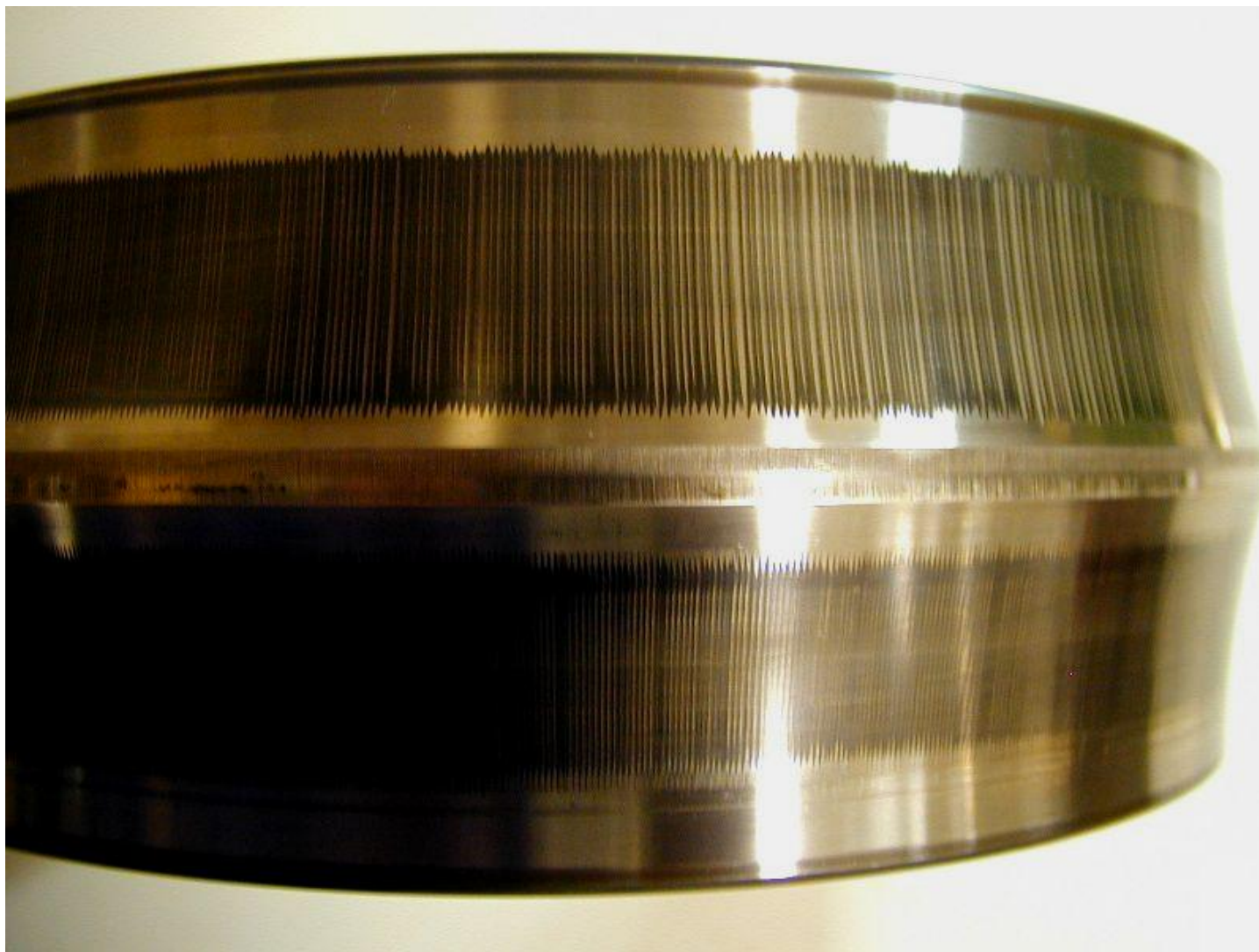
222 36CC/W33

Vnější kroužek – oběžná dráha



222 36CC/W33

Vnitřní kroužek – oběžná dráha



222 36CC/W33

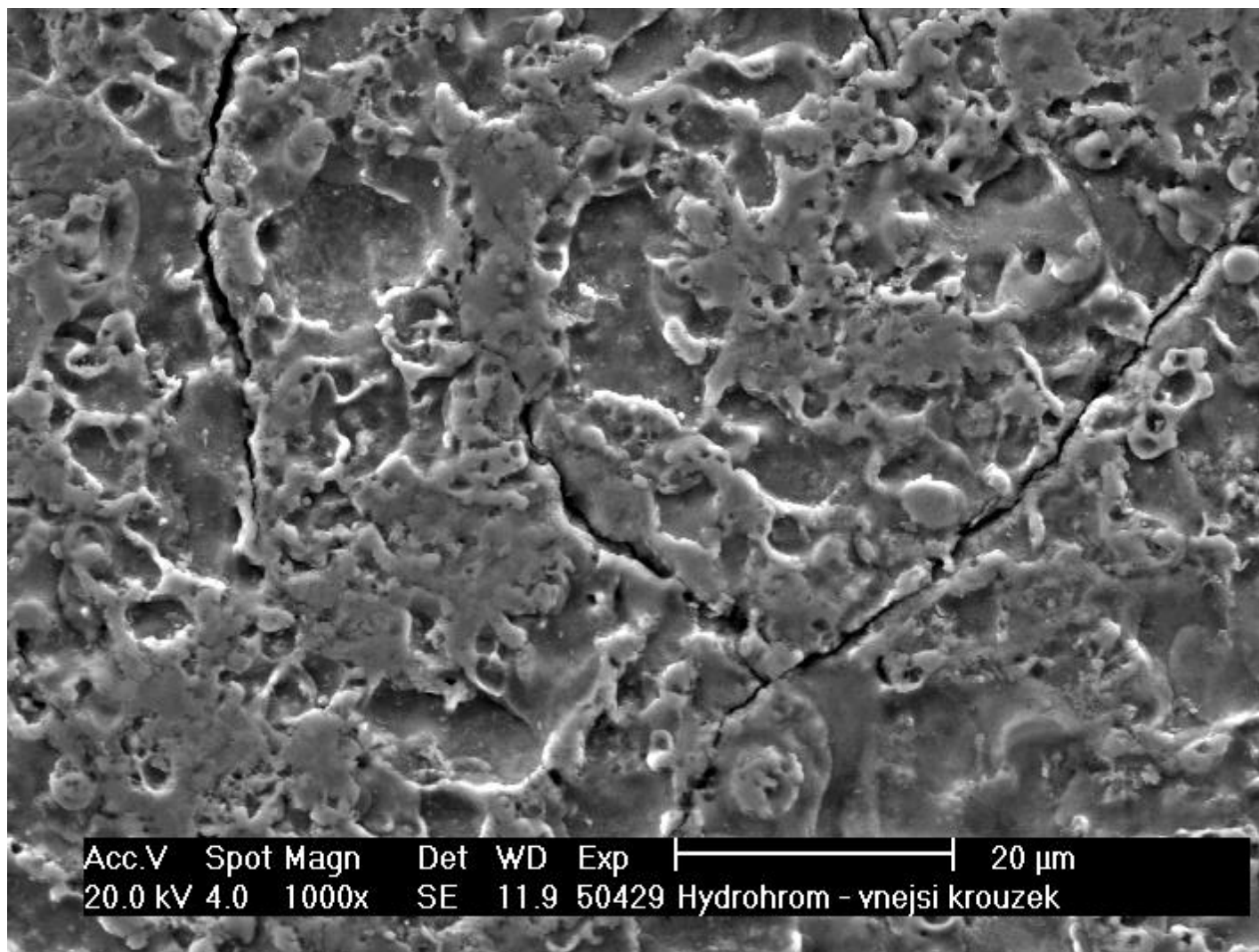
Soudeček – činný povrch pláště



222 36CC/W33

Vnější kroužek – oběžná dráha vnějšího kroužku

Zv.: 1000x



Průchod elektrického proudu přes ložisko

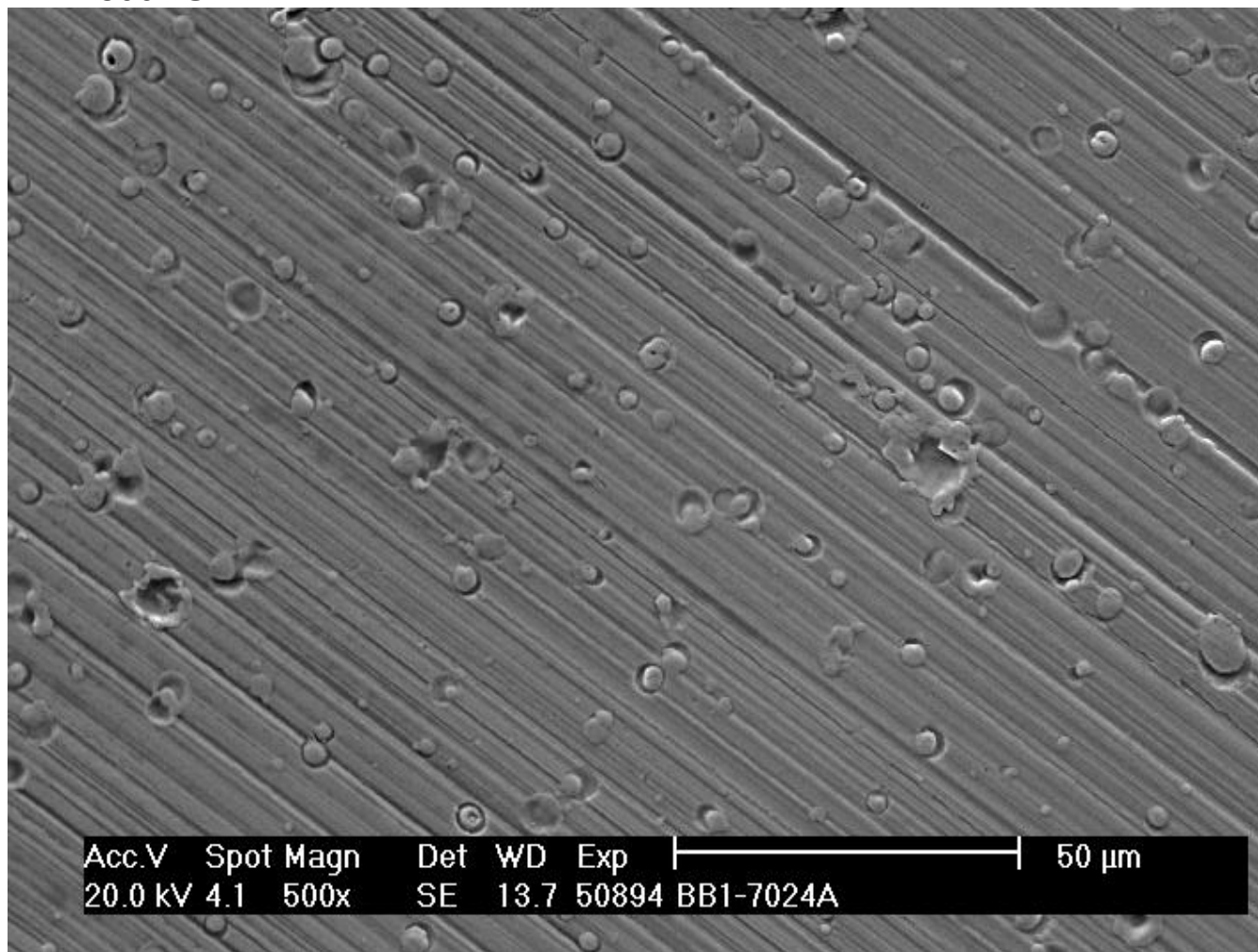
- Ložisko stejnosměrného trakčního motoru, elektricky izolován vnější kroužek nástřikem korundu (Al_2O_3).

BB1-7024A

Vnější kroužek

Šipkami označeny některé charakteristické důlkové stopy po průchodu elektrického proudu.

Zv.: 500x SEM

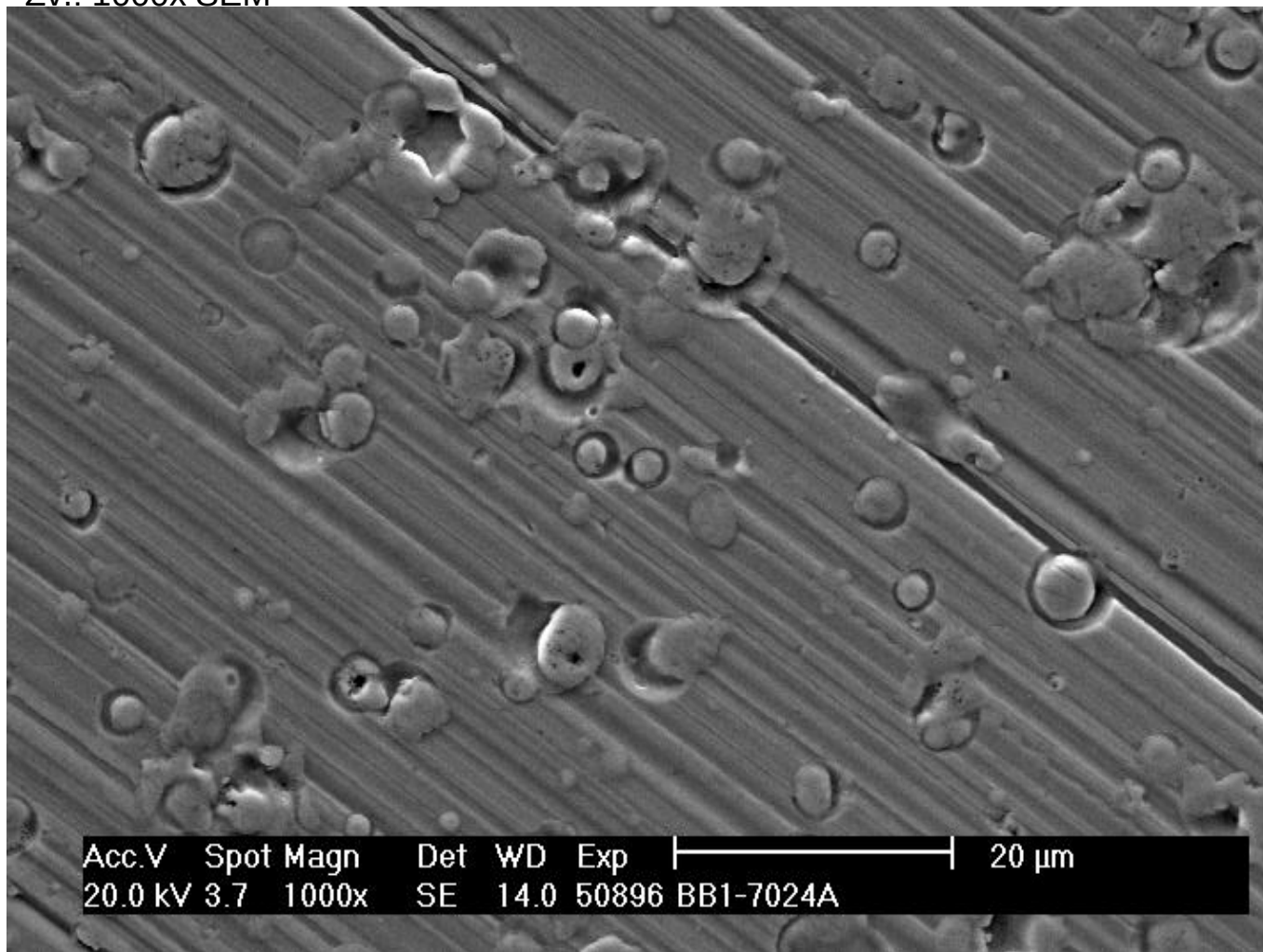


BB1-7024A

Vnější kroužek

Šipkami označeny některé charakteristické důlkové stopy po průchodu elektrického proudu.

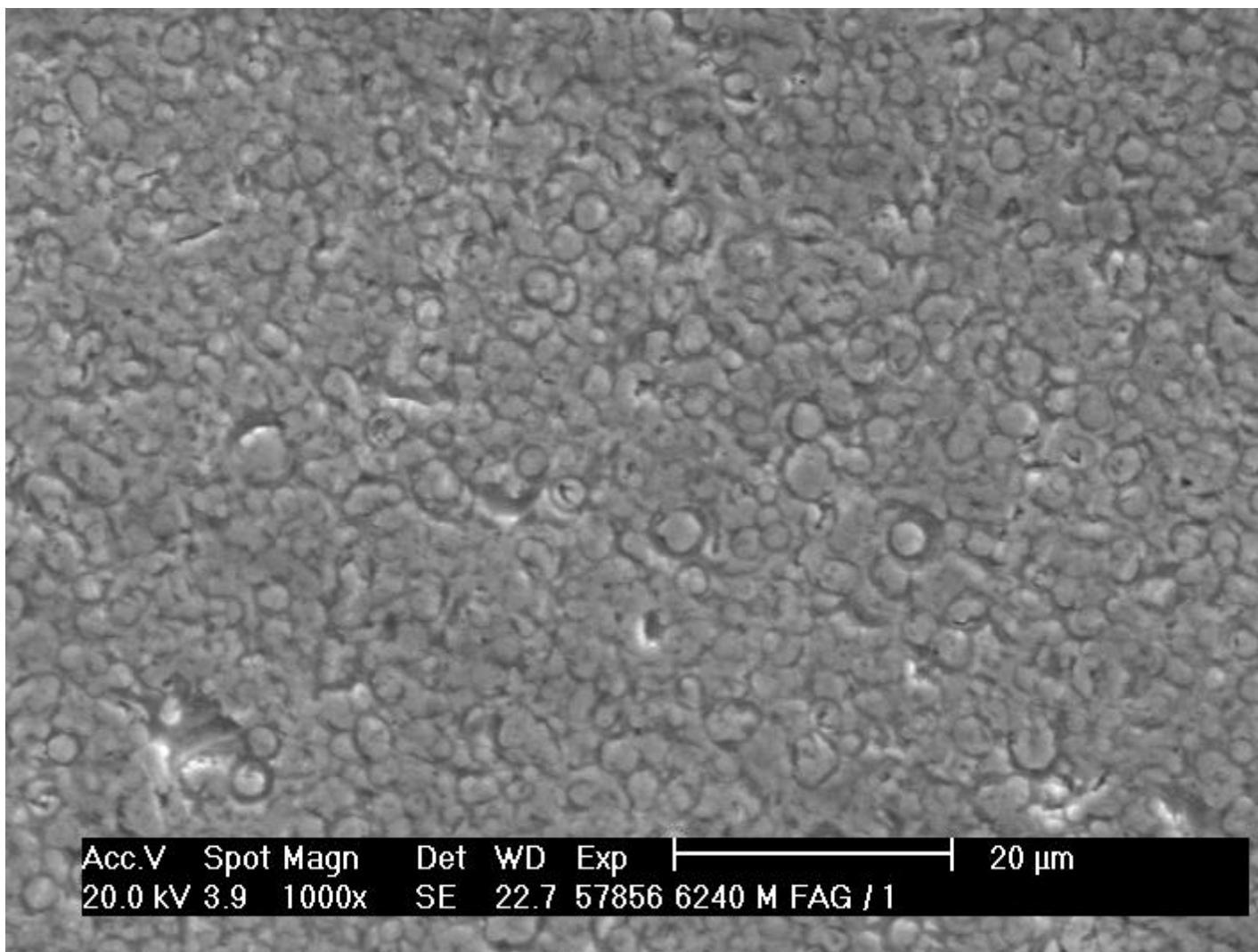
Zv.: 1000x SEM



Průchod elektrického proudu přes ložisko

- Ložisko z uložení hřídele elektrického generátoru

6240M - Vnější kroužek – záběhová stopa oběžné dráhy, charakteristické poškození průchodem el. proudy. Zv.:1000x SEM



KONEC