



**OBRAZLOŽENJE PRIMENE TEHNOLOŠKOG
PROCESA**

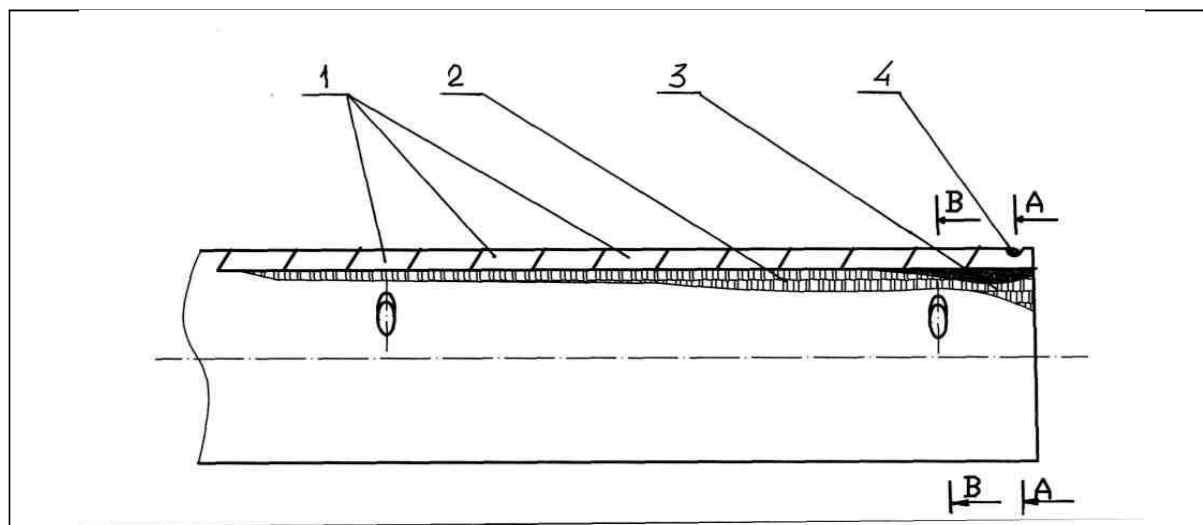
**FORMIRANJE ZAŠTITNO - OJAČAVAJUĆE
PREVLAKE NA ULAZNIH IVICAMA RADNIH
LOPATICI POSLJEDNJIH STEPENA PARNIH
TURBINA SA STELITNOM ZAŠTITOM**

Konstrukcijom parnih turbina, „Lenjingradska fabrika metala“ („LMZ“) i „Uralske fabrike turbomotora za termoelektrane“ na posljednjim stepenima **rotora niskog pritiska (RNP)** predviđene su radne čelične lopatice, kod kojih je na ulaznoj ivici (u zoni maksimalnog uticaja protoka pare, na približno 1/3 dužine **lopatice** od čeonog dijela) predviđena zaštita u obliku zalemljenih **stelitnih pločica od kobalnog stelita marke V3K**. U zavisnosti od visine pera lopatice, a takođe drugih konstruktivnih osobina, broj takvih stelitnih ploča je različit. Tako, na primjer, **na turbini K-300-240LMZ** na pretposljednji stepenima (stepeni 28, 33, 38) ima 4 takve stelitne pločice dim. 25×15×2, a na posljednjim stepenima (29, 34 i 39) ima ih 13.

Zahvaljujući visokoj otpornosti kobalnog stelita na eroziju, efikasnost protiverozione zaštite je nesumnjiva. Ipak, pri dugotrajnoj upotrebi radnih lopatica, kako na stelitim pločama, tako i na drugim djelovima radnih lopatica, **nagomilavaju se eroziona i mehanička oštećenja**, koja se pojačavaju i **korozionim** procesima na materijalu radnih lopatica.

Kako pokazuju **iskustva, najviše oštećivane zone** materijala **radnih lopatica** se nalaze na ispupčenom djelu radnih lopatica („leđa“ tj. gornja površina pera lopatice - prim. prev.) **iza stelitne zaštite**. Zona ovih oštećenja dostiže po širini do 15-20 mm, a po dubini do 1-1,5 mm. Pri tom, **maksimalna eroziona oštećenja** se nalaze u djelu lopatica uz čelo, **blizu 1÷6 stelitne pločice**, ako se imaju u vidu turbine **K-300-240 LM3** (posljednji stepeni), a **1÷4 stelitne pločice** na turbinama **K-200-130 LM3** (posljednji stepeni).

Na *Slici. 1.* prikazana je skica radne lopatice (čija dužina radnog dijela pera iznosi 755 mm) posljednjeg stepena turbine **K-300-240 LM3**, sa karakterističnim erozionim oštećenjima posle desetogodišnje upotrebe.

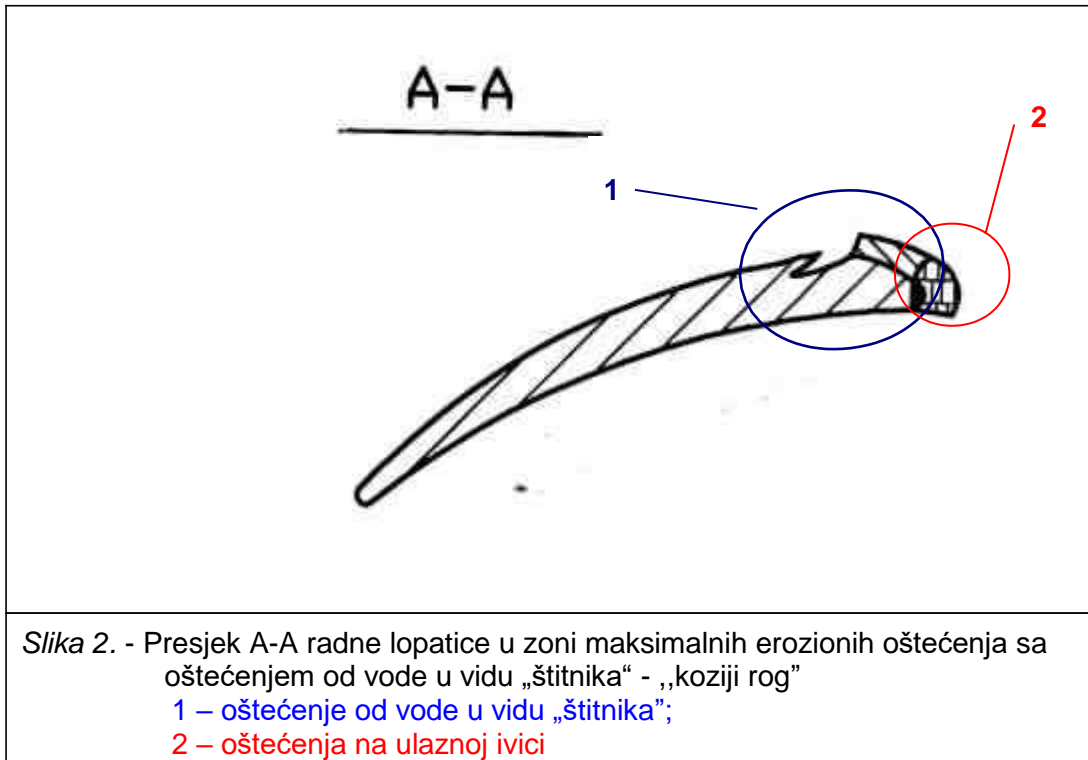


Slika 1. - Skica ispupčenog dijela radne lopatice sa stelitim pločicama i karakterističnim erozionim oštećenjima.

- 1 – Stelitne pločice;
- 2 – Površinske usjekline (oštećenja od kapljica vode) na materijalu lopatice;
- 3 – Zona oštećenja u kojoj se formira „štit“(„štitnik“);
- 4 – Oštećenja od usjekline (oštećenja od kapljica vode) na prvoj stelitnoj pločici.

Prekid (tj. udubljenje) u zadnjem djelu **stelitne pločice** kvari aerodinamički **profil lopatice**. Uslijed prekidanja parne struje, prekida (tj. udubljenja) stelitske pločice (naročito u zoni velikih linearnih brzina koje dostižu i nadzvučne vrijednosti), dolazi do **erozionog razaranja** materijala lopatice na ispupčenom djelu, uz smanjenje intenziteta razaranja po dužini od čela.

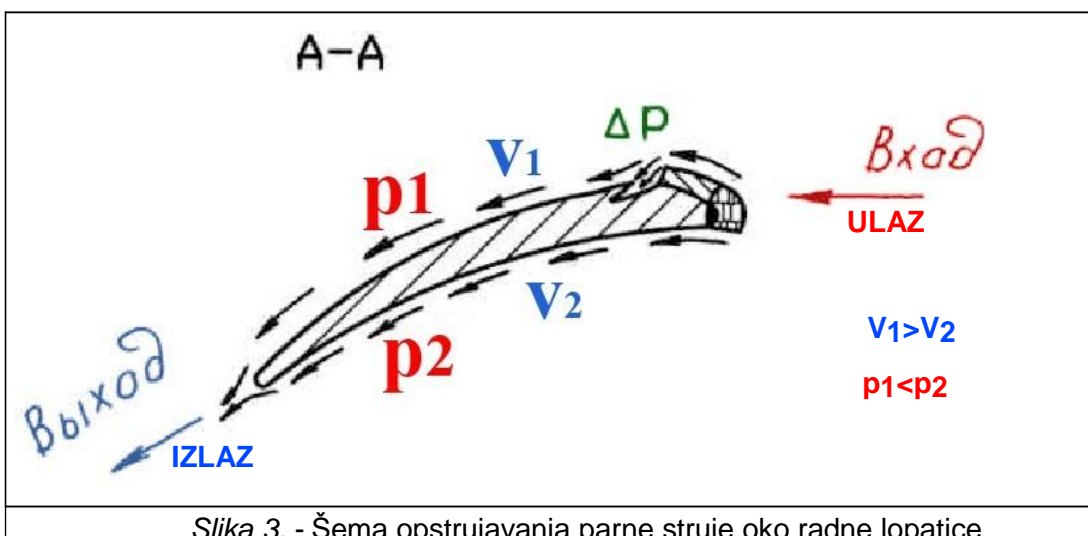
Pri tome se u zoni 1+6 stelitske pločice zapaža tvorevina materijala lopatice u obliku „štitnika“ („koziji rog“), kao što je prikazano na Slici 2.



Pojava ovakvih oštećenja veoma utiče na aerodinamičku karakteristiku radnih lopatica, pošto ispupčeni dio radne lopatice remeti cirkulaciju optočne struje (**opstrujavanja**). Susretno (nailazeće) strujanje na ulaznu ivicu se djeli i opstrujava površinu radne lopatice, kako od strane „leđa“ (konveksne), tako i od konkavne strane.

Pri tome je (slika 3.) **brzina struje** po ispupčenom djelu lopatice V_1 veća od brzine struje u ulegnutom djelu V_2 ($V_1 > V_2$), a **pritisak struje** je obrnuto, $P_1 < P_2$.

Ovo uslovljava **silu uzgona**, koja **pokreće lopaticu**, odnosno kompletan **rotor**! Prekid toka struje po „leđima“ (gornjoj površini pera lopatice) stvara nestacionarni fluks. Kapi koje se otkidaju sa prekida (udubljenja) stelitne pločice, dospjevajući pod „štitnik“, stvaraju kontrapritisak, koji umanjuje silu uzgona lopatice. To, sa svoje strane, smanjuje koeficijent korisnog dejstva lopatice i u cjelini koeficijent korisnog dejstva cjelog stepena.

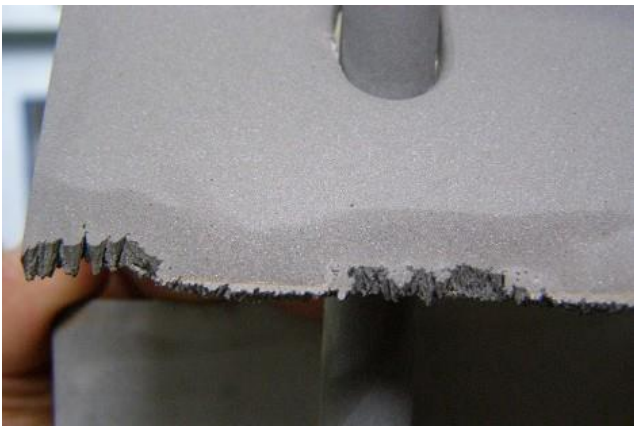




Slika 4. - Oštećenje od kapljica vode - „štitnik“



Slika 5.-Oštećene ulazne ivice i stelitne pločice



Slika 6. - Izgled oštećenja sa konkavne strane



Slika 7.-Izgled oštećene lopatice na ulaznoj ivici



Slika 8. - Rotor Alstom 300 MW



Slika 9.-Oštećena lopatica rotora Alstom

Pri dužoj upotrebi, veličina oštećenja od vode („štitnika“) može da dostigne vrijednosti jednake debljini pera lopatice, sa izlazom na ulegnutu površinu u obliku tačkastih i linearnih usjeklina (oštećenja od vode).

Radi zaštite dijela pera lopatice iza stelita, koji je izložen intenzivnom erozionom habanju od protoka pare po „leđima“, „VTI“ je ponudio **tehnologiju remonta**, kojom se **uklanja „štitnik“, izravnavu prekid** (udubljenje) **stelitne ploče i formira zaštitno-ojačavajuća prevlaka**.

Pri tome, radi obezbjeđenja maksimalne erozione stabilnosti, zaštitno-ojačavajuća **prevlaka** se formira kako na stelitnim pločicama, tako i u zoni ispupčene površine lopatice iza stelitnih pločica, zatim na ulaznoj ivici lopatice, kao i od strane korita u zoni oštećenja. U pojedinim slučajevima zbog nastalog oštećenja na izlaznoj ivici lopatice, zaštitno-ojačavajući sloj se nanosi i na (pripremljenoj) izlaznoj ivici

lopaticice. Način izvođenja tehnološkog procesa pripreme i formiranja zaštitno-ojačavajuće prevlake prikazan je u *Tabeli. 1.*



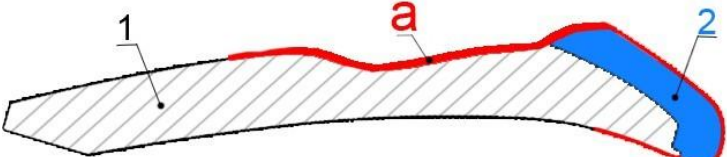
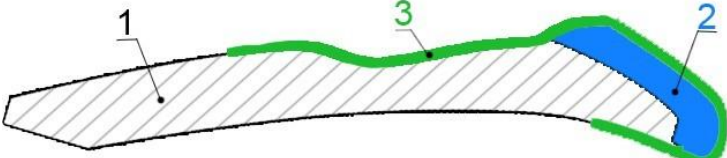
SKICA	OPIS TEHNOLOŠKOG PROCESA
<p>1.</p> 	<p>Polazno stanje radne lopatice (1), sa stelitnom pločicom (2) i sa usjeklinom (oštećenjem od kapljica vode) u obliku „štita“.</p>
<p>2.</p> 	<p>Približno profilisanje površine radne lopatice (1) alatom za čišćenje (skidanje) po liniji a, sa ciljem otklanjanja prekida (udubljenja) stelitne pločice (2), „štita“ i drugih erozionih usjeklina (oštećenja od kapljica vode).</p>
<p>3.</p> 	<p>Približno stanje radne lopatice i stelitne pločice poslije profilisanja.</p>
<p>4.</p> 	<p>Izgled radne lopatice (1) posle profilisanja prekida (udubljenja) pločica (2), „štita“ i zone iza stelita, posle čega se formira prevlaka (3) metodom elektroiskričavog legiranja (EIL).</p>

Tabela 1.

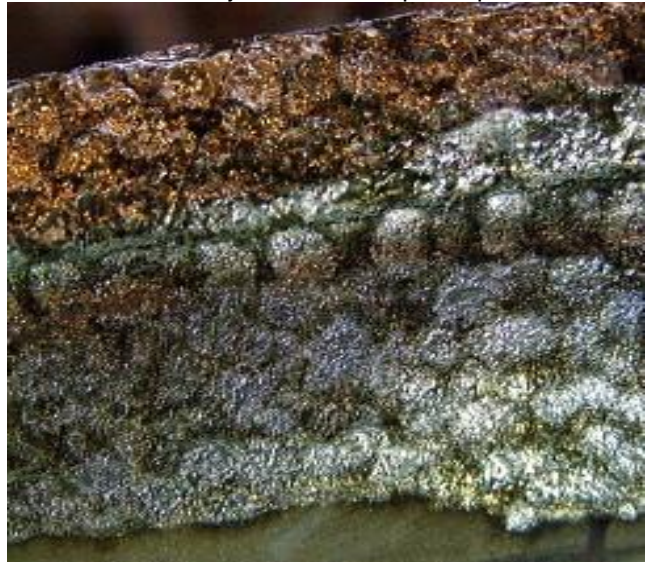


Slika 10. - Izgled oštećenih lopatica prije sanacije

Slika 12. - Sloj VK6OM na ulaznoj ivici, stelitnim pločicama i iza stelitnih pločica



Slika 11. - Sloj VK6OM u krupnom planu



Slika 13. - Nanošenje sloja VK6OM metodom EIL



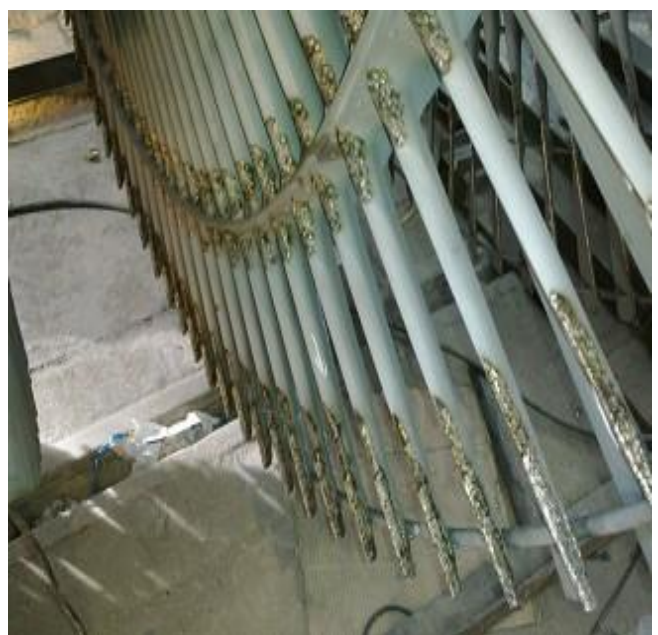
Slika 14. - Sloj VK6OM nanijet sa konkavne strane



Sl. 15. Sloj VK6OM nanijeti na izlaznoj strani lopatica



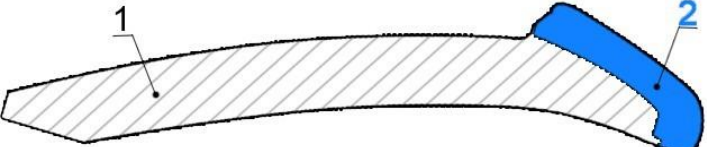
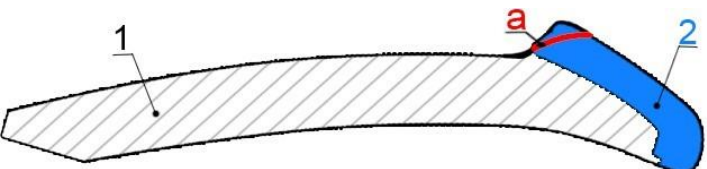
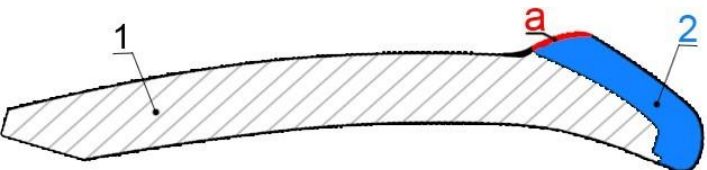
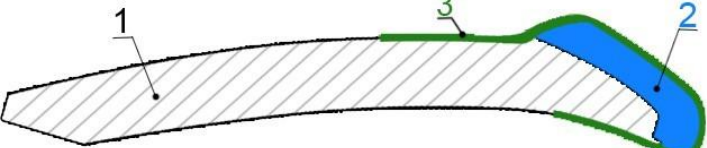
Sl. 16. Sloj nanijet na lopatice stepen Baumana



Da bi se povećao vjek trajanja radnih lopatica, vrši se profilisanje prekida (udubljenja) stelitne pločice kod NOVIH LOPATICA (koje se prvi put montiraju), a zatim se formira zaštitno-ojačavajuća prevlaka.

Tehnologija stvaranja preventivne zaštite predviđa formiranje prevlake, kako na djelu stelita, tako i na djelu iza stelita pretpostavljanog erozionog habanja, na ulaznoj ivici lopatice, zatim sa strane korita (konkavna strana), te po potrebi i na izlaznoj strani lopatice.

Način izvođenja tehnološkog procesa pripreme i formiranja zaštitno-ojačavajuće prevlake na novim radnim lopicama prikazan je u *Tabeli 2*.

SKICA	Opis tehnološkog procesa
<p>1.</p> 	<p>Polazno stanje radne lopatice (1) sa stelitnom pločicom (2).</p>
<p>2.</p> 	<p>Približno profilisanje površine radne lopatice (1) alatom za čišćenje (skidanje) po liniji a, u cilju otklanjanja prekida (udubljenja) stelitne pločice (2).</p>
<p>3.</p> 	<p>Približno stanje radne lopatice (1) i stelitne pločice (2) nakon profilisanja.</p>
<p>4.</p> 	<p>Izgled radne lopatice (1) nakon profilisanja prekida (udubljenja) stelitne pločice (2) i zone iza stelita, posle čega se formira prevlaka (3) metodom elektroiskričavog legiranja (EIL).</p>



Slika 10. - Izgled novih lopatica nakon preventivne zaštite

Pošto proces elektroiskričavog legiranja (EIL) formira hidrofilnu prevlaku zahvaljujući novonastaloj površini (povećana je hrapavost), onda dio vlage koji se zadržava stvara dodatnu zaštitu od erozionog djelovanja kapljica pare (kapi pare gube svoju energiju uzajamno djelujući sa vlagom, koju zadržava sloj prevlake).

Prevlaka, formirana od metalokeramičke čvrste legure tipa VK6OM, ima veću otpornost na eroziju nego što je to kod stelita tipa V3K, što daje dodatno veću otpornost na eroziju kompoziciji koja se sastoji od stelitne pločice V3K i metalokeramičke prevlake VK6OM.

Formiranje prevlake na stelitnom djelu je neophodno radi:

1. Obezbeđenja kontinualnog formiranja prevlake na segmentu stelit - dio materijala radne lopatice iza stelita
2. Povećanja otpornosti na eroziju ulazne ivice
3. Stvaranja tankog sloja (filma) vlage po ulaznoj ivici

POSTUPAK ELEKTROISKRIČAVOG LEGIRANJA (EIL)

Zasnovan je na korišćenju dejstva impulsnog električnog pražnjenja koje se dešava između elektroda u gasovitoj sredini.

Sušтина procesa sastoji se u tome što pri iskričavom pražnjenju u gasovitoj sredini dolazi do razaranja materijala elektrode (anoda) i prijenos produkata te erozije na radni dio koji se tretira (katoda).

Prenošenje materijala se dešava na veoma visokoj temperaturi pražnjenja $5 \div 10 \times 10^3 \text{ } ^\circ\text{C}$, u vremenskom periodu od $10 \div 1000$ mikro sekundi! Imajući u vidu kratko vrijeme dejstva pražnjenja i njegovog lokaliteta, zagrejano mikro-okruženje metala radnog djela, trenutno se hladi na račun toploprovodljivosti materijala radnog dijela.

Pri toj operaciji, na površini detalja stvara se novi sloj, koji u zavisnosti od parametara iskričavog pražnjenja, hemijskog sastava elektrode (radi se o specijalnoj vrsti elektroda, a ne o klasičnim elektrodama) i drugih faktora, može dobiti zahtijevane osobine: tvrdoća, otpornost na habanje, otpornost na eroziju, elektroprovodljivost, obnova dimenzija (reparacija) pohabanih djelova mašina i uređaja itd.

Sloj nanijet ovim postupkom ima skoro sve osobine klasično navarenog sloja, a ono što ga čini posebnim je malo zagrijavanje osnovnog materijala, koje je u toku tretmana oko 50°C . tj. u pitanju je hladan postupak.

Ovim postupkom mogu se nanijeti sljedeći materijali:

1. Tvrda jedinjenja i legure (karbidi, nitridi, boridi itd.)
2. Meki metali i njihove legure (Al, Cu, Pb, Ms, bronza itd.)
3. Čisti metali, ferolegure, ugljenični i legirani čelici, gvožđe, grafit....

Primjena ovog postupka je višestruka:

1. Ojačavanje lopatica parnih turbina u termoelektranama (TE) i nuklearnim elektranama (NE), snage do 800MW. Ovaj tehnološki proces se radi uz saradnju specijalista instituta „VTI”, koji su do sada izvršili remont u preko 30 termoelektrana i atomskih elektrana u Rusiji, na preko 30.000 komada lopatica.
2. Reparacija (obnavljanje, tj. vraćanje na prvobitne dimenzije) djelova mašina i uređaja (osovina, vratila, kućišta ležaja, kućišta reduktora, razni djelovi sa nepravilnim površinama, itd.)
3. Ojačavanje raznih alata.

