

2. OBRADIVOST VATRO OTPORNIH ČELIKA

2. 1. Općenito o obradivosti čelika

S obzirom da se vatro otporne čelike može svrstati među nerđajuće čelike obradivost vatro otpornih čelika može se promatrati kroz obradivost nerđajućih čelika.

Obrada nerđajućih vatro otpornih čelika kao i obrada svakog drugog materijala sadrži svoje specifičnosti, o kojima se mora voditi računa.

Pogrešno izvođenje nekih tehnoloških operacija može izazvati veliki škart, koji će po vrijednosti biti daleko veći nego kao kod običnog čelika radi otprilike 8 puta veće cijene nerđajućeg čelika u odnosu na običan ugljični čelik.

Često puta se sa nerđajućim čelicima postupa na isti način kao i sa običnim ugljičnim čelicima, kako u smislu manipulacije tako i u smislu obrade.

Pri tome ne obraćajući pažnju na neke specifične zahtjeve, koji kod obrade ove vrste čelika moraju biti ispunjeni jer se u protivnom može znatno smanjiti kvaliteta čelika, a u nekim slučajevima možemo ga učiniti neprikladnim za uporabu.

Zbog toga potrebno je pridržavati se određenih zahtjeva pri obradi ove vrste čelika.

Najčešće vrste obrade koje se primjenjuju kod obrade vatro otpornih čelika su sljedeće:

- obrada metala deformiranjem na toplo,
- obrada metala deformiranjem na hladno i
- obrada odvajanjem čestica.

2. 1. 1. Obrada metala deformiranjem na toplo

2. 1. 1. 1. Općenito o obradi metala deformiranjem na toplo

Pod ovom obradom podrazumijevamo plastičnu obradu metala s tim da se materijal koji se obrađuje najprije zagrije na dovoljno visokoj temperaturi koja ispunjava uvjete dobre deformabilnosti materijala, a gotovom proizvodu osigurava dovoljno dobra mehanička svojstva.

Temperatura na kojoj se zagrijava materijal prije plastične obrade je negdje iznad temperature rekristalizacije .

Ovisno o tome da li je materijal austenitni ili feritni temperatura zagrijavanja varira u određenom omjeru.

Ojačanje i izduženje zrna koje izaziva plastična deformacija nije postojano i odmah se rekristalizacijom otklanja.

Metal u toplom stanju se nalazi u području velike plastičnosti te se može lakše odgovarajućim postupkom dovesti na gotovi oblik.

Neki od važnijih postupaka tople obrade deformiranjem su:

- valjanje,
- slobodno kovanje,
- kovanje u kalupu,
- prešanje i
- istiskivanje.

Na taj način se proizvode limovi, trake, profili, polu proizvodi i gotovi proizvodi.

Pri toploj deformaciji najprije dolazi do izjednačavanja materijala u tom smislu što se pore koje potječu od lijevanja, kao plinski mjehuri i mokre pare pri višim temperaturama i pritiscima zavaruju. To je slučaj ako su zidovi para metalno čisti i neoksidirani, inače su pore samo pritisnute. [6]

Uzajamnim djelovanjem tople deformacije i rekristalizacije koja za njom nastupa razaraju se čak i tubasti kristali koji potječu od lijevanja, a koji mogu utjecati na svojstva materijala.

Stoga su toplo deformirani materijali u pravilu sitno zrnati, te na taj način bolje obradivi obradom odvajanjem čestica.

Konačna veličina zrna ovisi o završnoj temperaturi deformacije. Što je ona niža to je zrno sitnije i obrnuto.

Pri toploj plastičnoj deformaciji legure dobijaju usmjerenu i vlaknastu strukturu. Pravac vlakana se poklapa sa glavnim pravcem deformacije.

Ovo se najjasnije vidi iz ponašanja nemetalnih uključaka pri toploj plastičnoj deformaciji.

Pri rekristalizaciji mijenja se samo metalna osnova, ali ne i oblik ni raspored nemetalnih uključaka.

Naizmjenična primjena tople plastične obrade i rekristalizacije ne ide na ruku homogeniziranju kristalnih segregacija.

Najčešće greške do kojih dolazi pri plastičnoj obradi su preklapanje istisnutog materijala sa oksidirajućom površinom što uzrokuje stvaranje pukotine.

Ukratko, može se reći da se toplom obradom deformiranjem postižu sljedeće prednosti: [6]

- sitnije zrno,
- vlaknastu strukturu,
- ravnomjerniju strukturu,
- bolja mehanička svojstva i
- zavisnost osobina od pravca deformacije.

2. 1. 1. 2. Obrada vatro otpornih čelika deformiranjem na toplo

Slaba toplinska vodljivost koja karakterizira legirane čelike zahtijeva da se oni zagrijevaju relativno sporo do 850 °C, kako bi se cjelokupna masa materijala zagrijala na istu temperaturu.

Sporim zagrijavanjem spriječit će se pojava unutrašnjih napetosti koje mogu nastati već prije same obrade prilikom brzog zagrijavanja.

Tek iznad 850 °C, pa sve do radne temperature kovanja ili bilo koje druge obrade koja zahtijeva predgrijavanje na veću temperaturu može teći brzo.

Čvrstoća se kod vatro otpornih čelika na povišenim temperaturama značajnije ne smanjuje, te stoga kovanje ove vrste materijala zahtijeva više radne temperature i snažnije strojeve sa kvalitetnijim alatom.

Prisutnost segregacija zahtijevat će žarenje na povišenim temperaturama prije kovanja. Na taj način se difuzijom izvršava homogenizacija materijala te tako uklonile segregacije.

Prisutnost segregacija prije same obrade kovanja u metalu uzrokovat će pojavu pukotina koje nastaju zbog odljepljivanja kristala usljed kovanja.

Svi legirani vatro otporni čelici skloni su povećanju veličine zrna s porastom temperature.

To svojstvo je naročito izraženo kod feritnog tipa vatro otpornih čelika, kojima se toplinskom obradom nastala grubo zrnata struktura ne može više regenerirati u feritnu strukturu. Stoga je poželjno izbjegavati dugotrajno izlaganje čelika visokim temperaturama. To objašnjava zašto se zagrijavanje na temperature već od 850 °C izvodi veoma brzo.

Nerđajući vatro otporni čelici skloni su pojavi površinskih pukotina. Zbog pojave sloja oksida koji uslijed povišene temperature odmah prekrije površinu pukotine, nije moguće nastale pukotine odstraniti iskivanjem.

Kada se primijeti pukotina, potrebno ju je izbrusiti, pa tek tada komad ponovno zagrijati na radnu temperaturu i kovati.

Najčešća obrada deformiranjem na toplo predstavlja kovanje, pa tek onda sve druge obrade.

2. 1. 1. 3. Toplinska obrada vatro otpornih čelika

Toplinska obrada čelika je jedan od niza postupaka koji se provode kod vatro otpornih čelika i koji je ponekad poželjno da se provede nakon toplog i hladnog oblikovanja.

Izuzetno su važna sredstva za provedbu toplinske obrade. Tu pripadaju peći za zagrijavanje plinom ili strujom, solne kupke i peći s kontroliranom atmosferom itd.

Ovisno o atmosferi u peći može doći do raznih promjena površine metala vatro otpornih čelika.

U jako oksidirajućoj atmosferi na površini metala stvorit će se okujina na čiju će debljinu utjecati trajanje žarenja. Bacanjem predmeta okujina se može lako odstraniti.

Puno je neugodnija redukciona atmosfera peći, a još je gore ako se ona u procesu mijenja od oksidacione do redukcionu i obrnuto.

U reduktivnoj atmosferi dolazi do redukcije Fe i Ni u okujini koja uslijed toga postane porozna. Ukoliko se sada atmosfera u peći promijeni na oksidacionu, doći će do pojave oksidacije na poroznim mjestima.

Ako se pak stvaranje okujine mora pod svaku cijenu izbjeći potrebno je toplinsku obradu provesti u pećima sa kontroliranom atmosferom.

Kod feritnih i austenitnih čelika uslijed oksidacije u oksidacionoj atmosferi doći će teže do razugljičenja ako oni sadrže elemente koji posjeduju veliki afinitet prema C npr. Mo, Ti, Nb.

Razugljičenje površine moguće je spriječiti ako se toplinska obrada provodi u pećima u kojima se pušta propan, butan ili metan. Dobri rezultati se postižu i obradom u solnim kupkama.

Osim razugljičenja toplinskom obradom može doći do naugljičenja, a to često nije poželjno kako i za nerđajuće tako i za vatro otporne čelike.

Primjerice austenitni čelici pri tome nagnju interkristalnoj koroziji, te je stoga austenitne čelike potrebno obrađivati u oksidirajućoj atmosferi, a svi tragovi koji razvijaju ugljik moraju biti odstranjeni kao npr. masnoće, sapun i dr.

Zbog toga je potrebno predmet odmastiti prije toplinske obrade. Naugljičenje također nepovoljno djeluje na obradu metala

2. 1. 1. 3. 1. Toplinska obrada feritnih čelika

Dužim držanjem feritnih čelika na temperaturi 475 °C razvit će se krtost.

Prilikom zagrijavanja potrebno je izvoditi predgrijavanje na temperaturu 800 – 850 °C a tek dalje brže ugrijavanje do radne temperature, s ciljem izbjegavanja unutarnjih napetosti, a što je posljedica slabe toplinske vodljivosti feritnih čelika.

Žarenje feritnih čelika izvodi se u temperaturnom rasponu 750 – 900 °C i u tom području se još ne pojavljuje sklonost pogrubljenju zrna čemu je sklona ova vrsta čelika što povećava krtost feritnih čelika.

Hlađenje feritnih čelika treba provesti brzo preko temperature 475 °C da se spriječi pojava " σ - faze ".

2. 1. 1. 3. 2. Toplinska obrada austenitnih čelika

Izlaganjem austenitnih čelika temperaturnom rasponu 400 – 800 °C uzrokuje sklonost prema interkristalnoj koroziji ukoliko nisu stabilizirani, tj. ukoliko im sadržaj ugljika nije dovoljno nizak.

Gašenje austenitnih čelika provodi se zagrijavanjem na temperaturu oko 1000 – 1050 °C, te naglim hlađenjem u vodi kad je to moguće a u suprotnom na zraku.

Hladno očvršćivanje do kojeg je došlo uslijed neke prethodne operacije i radi rastvaranja kromovog karbida uklanja se postupkom gašenja.

Žarenje na tako visokim temperaturama provodi se vrlo oprezno. Poželjno je da atmosfera u peći bude oksidirajuća da se zaštiti Cr oksid.

Često puta se mora provesti i tzv. svijetlo žarenje austenitnog čelika. U tom slučaju potrebna je peć sa neutralnom atmosferom. Najčešće se primjenjuje krekovani amonijak (mješavina N_2 i H_2) koji mora biti dovoljno osušen.

U ovakvim pećima ne možemo obrađivati feritne čelike jer su osjetljivi na vodik.

U Tablici 8. prikazani su neki postupci obrade deformiranjem ovisno o presjeku uzorka te oblik naknadne toplinske obrade za feritne i austenitne čelike.

Tablica 8. Prikaz toplog oblikovanja i toplinske obrade. [2]

Vrsta čelika po DIN - u	Vrsta tople obrade deformiranjem pri temperaturi u °C			Presjek izratka u mm	Toplinska obrada		
Feritni čelici	Kovanje	Savijanje	Prešanje		Žarenje	Zadržavanje	Hlađenje
8 MnTi 4 5	900-1100	20 100 -300	20 ≥700	<10 =10	750 - 800	45—30 minuta	Hlađenje na zraku
6 SiTi 4 6	=	100 – 300 100 - 300	100 – 300 ≥700	<10 =10	750 - 800	=	=
X10 CrAl 7	=	20 100 -300	20 ≥700	<10 =10	750 - 800	=	=
X10 CrAl 13	=	100 – 300 100 - 300	100 – 300 ≥700	<5 =5	750 - 850	=	=
X10 CrAl 18	=	100 – 300 100 - 300	100 – 300 ≥700	<5 =5	750 - 850	=	=
X20 CrNiSi 25 4	=	20 100 -300	100 – 300 ≥800	<5 =5	100 -1050	20 — 10 minuta	Zrak ili voda
X10 CrAl 24	=	100 – 300 100 - 300	100 – 300 ≥700	<5 =5	750 - 850	45 – 30 minuta	Zrak
Austenitni čelici							
X12 CrNiTi 18 9	900-1150	20 20	20 ≥ 850	<10 =10	1050 - 1100	20 – 10 minuta	Zrak ili voda
X15 CrNiSi 20 12	=	20 20	20 ≥ 850	<10 =10	1050 - 1100	=	=
X15 CrNiSi 23 20	=	20 20	20 ≥ 850	<10 =10	1050 - 1100	=	=

2. 1. 2. Obrada metala deformiranjem na hladno

2. 1. 2. 1. Općenito o hladnom deformiranju [6]

Svi materijali pa tako i metali u dijagramu σ , ϵ imaju barem maleno elastično i plastično područje.

Elastično područje je takovo područje kod koga se uslijed opterećenja materijal elastično deformira ali nakon prestanka opterećenja ima sposobnost transformacije u početno stanje.

Vrijednost opterećenja pri tome ne prelazi granicu σ_e – kraj elastične deformacije . Ukoliko povećamo opterećenje doći će do deformacije metala djelomično i u području plastičnih deformacija, što će za posljedicu imati oblik izratka različit od početnog.

Početak plastične deformacije nazivamo granicom razvlačenja σ_v i završava se sa naprezanjem zatezne čvrstoće σ_m , nakon čega nastaje lom materijala. Nas će u daljnjem razmatranju zanimati plastična deformacija.

Prilikom plastične deformacije javljaju se značajne promjene u strukturi metala. Uslijed velikog opterećenja dolazi do deformacija kristalnih rešetki što povlači za sobom i unutrašnje napetosti, javljanje očvršnuća i povećanja tvrdoće

Deformacije koje nastaju u metalu mogu se svrstati u dvije grupe:

- deformacije u obliku kliznih ravnina i
- deformacije u obliku dvojničkih lamela

Hladno deformirani materijali odlikuju se dobrim stanjem površine, tolerancijom dimenzija kao i ujednačenom strukturom. Nakon svakog hladnog oblikovanja, ukoliko se želi dobiti sitno zrnata struktura, mora se provesti rekristalizacijsko žarenje.

Ovim postupkom želimo povratiti početno stanje materijala ili ga postići još boljim .

2. 1. 2. 1. 1. Rekristalizacija [6]

Provedbom hladnog deformiranja čelika dolazi do poremećaja prostorno kubne kristalne rešetke, što će uzrokovati pojavu napetosti u takvoj rešetci.

Što je stupanj deformacije veći, to je napetost u rešetci veća. Nastalo stanje materijala izražava se povećanjem tvrdoće, granice razvlačenja i čvrstoće, uz smanjenje izduženja, kontrakcije i udarne zarezne žilavosti .

Navedeno stanje materijala može se ukloniti zagrijavanjem na temperaturu od 400 - 580 °C pri čemu se tvrdoća smanjuje te nastaju napetosti i greške u rešetci.

Iako dolazi do oporavka kristalne rešetke pri ovoj temperaturi neće doći do značajnije strukturne promijene čelika .

Područje oko 600 °C predstavlja područje primarne rekristalizacije. Za nju je karakteristično stvaranje potpuno nove strukture iz kristalne rešetke u kojoj su postojale greške.

Pri rekristalizaciji nastaju izdužena deformirana zrna i nastaju nova ne napregnuta poligonalna zrna.

Područje iznad 600 °C predstavlja područje sekundarne rekristalizacije, u njoj nastala mala zrna pri primarnoj rekristalizaciji postupno, ali neprestano se povećavaju, pa stoga ovo područje možemo nazvati područje pogrubljenja zrna.

Zrno koje nastaje pri rekristalizaciji utoliko je sitnije, ukoliko je stupanj deformacije bio veći i obrnuto.

Pri malom stupnju deformacije nastaje samo mali broj jako deformiranih mjesta koja su sposobna za rekristalizaciju. Zrna koja se pri žarenju stvaraju na tom mjestu rastu, a da se pri tom uzajamno bitno ne ometaju, te često dostižu značajnu veličinu.

U jako deformiranom materijalu naprotiv ima mnogo deformiranih mjesta u rešetci. Uslijed toga se pri rekristalizaciji stvaraju brojne klice iz kojih nastaju sitna zrna.

Osim od stupnja deformacije veličina zrna koja pri rekristalizaciji nastaju ovise i o visini temperature žarenja te brzini hlađenja. Rekristalizirano zrno utoliko je krupnije, ukoliko se izabere duže vrijeme žarenja.

Sporo hlađenje nakon žarenja djeluje slično kao produženo žarenje i dovodi do pogrubljenja zrna.

Također zrno nastalo u rekristalizaciji utoliko je sitnije, ukoliko ima više nečistoća tj. heterogeno izlučenih stranih materijala u metalu. Nečistoće svojim prisustvom ometaju rast zrna.

Dok na primjeru čisto željezo i čelik sa 0,1 % C nakon kritične deformacije rekristaliziraju sa vrlo krupnim zrnima, te čelici sa 0,30 % C prilično su neosjetljivi na porast zrna.

Do rekristalizacije tj. stvaranja krupnog zrna ne dolazi samo kada je komad prethodno plastično deformiran.

Za stvaranje krupnog zrna pri kasnijem žarenju dovoljne su nehomogene i lokalne deformacije kakve nastaju pri savijanju, prešanju, utiskivanju, vučenju, prosijecanju, bušenju, odsijecanju, izravnavanju, koje su praktički neizbježne.

Krupno zrno nastalo procesom rekristalizacije uslijed malog stupnja deformacije kod izratka uzrokovat će pojavu krtosti. Zbog toga se prije samog žarenja izvršava što je moguća veća deformacija što će inicirati sitno zrnatu strukturu nakon žarenja.

Ova metoda može se primijeniti kod izradaka jednostavnog oblika tj. limova traka, žica profila, kod gotovih proizvoda ova metoda se ne može primijeniti.

Kod vatro otpornih čelika najčešće primjenjujemo slijedeće vrste obrade metala deformiranjem neovisno o stanju obrade:

- kovanje
- valjanje
- savijanje

Pojedine vrste vatro otpornih čelika pokazuju sklonost obrade metala deformiranjem na toplo, a pojedini na hladno. Da li će se neki od vatro otpornih čelika obrađivati na toplo ili hladno, ovisit će u velikoj mjeri o svojstvima koja će nastati nakon takve obrade, naravno i o potrebnom alatu za izradu.

Ukoliko jednim postupkom primjerice obradom deformiranjem na hladno ne postignemo željena svojstva, a ta svojstva moguće je postići obradom deformiranjem na toplo provest ćemo zadnju obradu.

Razlozi zbog kojih se neki čelici neće obrađivati na hladno, a neki na toplo vidljivi su iz strukture koju nam daju na gotovom proizvodu, a koja će nam utjecati na željena dobra vatro otporna svojstva vatro otpornih čelika predviđenih za rad u kotlogradnji.

Poželjno je da nakon obrade metala deformiranjem ukoliko je ona potrebna osim vatro otpornih svojstava postignemo i dovoljno dobra mehanička svojstva čelika.

Tendencija postizanja pojedinih svojstava vatro otpornih čelika leži na njegovoj vatro otpornosti, dok se mehanička svojstva čelika stavljaju u drugi plan i veoma je dobro ukoliko ih je moguće postići što boljim.

S obzirom na strukturnu podjelu vatro otpornih čelika razlikujemo sposobnost hladnog oblikovanja pojedine vrste čelika

2. 1. 2. 1. 2. Hladna obrada deformiranjem feritnih vatro otpornih čelika

Zbog svoje sitno zrnate strukture, te niza karakterističnih osobnosti ova vrsta čelika teško je obradiva hladnim oblikovanjem.

Pošto su feritni čelici tako teško obradivi hladno oblikovanje kao obrada se nastoji izbjeći jedino u slučajevima kada to nije moguće, tako da se može reći da su feritni čelici uglavnom obrađuju samo toplim oblikovanjem.

2. 1. 2. 1. 3. Hladna obrada deformiranjem feritno- austenitnih vatro otpornih čelika

Prisustvo samo male količine austenita poboljšat će sposobnost hladnog oblikovanja feritnih čelika.

Ukoliko feritni čelik sadrži u svom sastavu više austenita do nekih 40 %, tada se takav čelik može nazvati feritno – austenitni čelik.

Veća količina austenita povlači za sobom poboljšanje hladnog oblikovanja do debljine uzoraka oko 3 mm bez zagrijavanja.

2. 1. 2. 1. 4. Hladna obrada deformiranjem austenitnih vatro otpornih čelika

Austenitni se vatro otporni čelici dobro oblikuju na hladno do neke debljine oko 6 mm pri 20 °C, dok se za veće debljine zahtjeva obrada deformiranjem na toplo.

2. 1. 3. Obrada odvajanjem čestica

2. 1. 3. 1. Općenito o obradi odvajanjem čestica

Obrada nerđajućih vatro otpornih čelika odvajanjem čestica ne provodi se na način svojstven za obradu klasičnih ugljičnih čelika zbog nekih specifičnosti koje su karakteristične samo za legirane vatro otporne čelike.

U neke specifičnosti pripada slaba toplinska vodljivost, pri čemu se oštrica alata jače zagrijava nego kod obrade klasičnih ugljičnih čelika (ovo je naročito izraženo kod obrade austenitnih čelika).

Druga specifičnost je sposobnost otvrdnjavanja nerđajućih čelika pod pritiskom oštrice, uslijed čega se rezanje teže provodi.

S obzirom na navedenu strukturnu podjelu vatro otpornih čelika, svaka vrsta čelika ima svoje specifičnosti.

2. 1. 3. 2. Obrada odvajanjem čestica feritnih vatro otpornih čelika

Jedna od karakteristika ove vrste čelika je laka obradivost odvajanjem čestica. Obradivost čelika sa 16 – 18 % Cr je ista kao i kod martenzitnih čelika s niskim sadržajem ugljika, što znači dobra obradivost.

Feritni čelici sa 25 – 30 % Cr obrađuju se nešto teže, jer se lijepe na oštricu alata, stoga se preporuča obrada sa malim brzinama i velikom brzinom rezanja, jer na taj način pritisak strugotine sprječava lijepljenje materijala na nož.

2. 1. 3. 3. Obrada odvajanjem čestica austenitnih vatro otpornih čelika

Austenitni čelici se obrađuju nešto teže nego feritni čelici. Obrada postaje teža pošto austenitni čelici već sa malom deformacijom postaju čvršći i tvrđi radi njihove velike istezljivosti, koja uzrokuje stvaranje duge i žilave čestice.

Zbog znatno većeg utroška energije pri obradi javlja se potreba za strojevima većih gabarita, koji su jači i dovoljno krti.

Odvođenje čestica zbog velike žilavosti austenitnih čelika je otežano, pa je stoga teško izbjeći da čestica ne ošteti već obrađenu površinu.

Radi lakšeg kidanja čestica preporuča se da se na prednjoj plohi noža izvede "stepenica". Nastala strugotina je vrlo čvrsta i kao takva otežava posmak alata, zato bi oštrica alata morala biti izvedena tako da u smjeru posmaka ona reže a ne gnječi čelik.

Nakon svakog prolaza obrađena površina je sve više očvrsnuta na tankom sloju metala, koji otežava obradu sa narednim prolazom.

Poželjno je u svakom slučaju izbjegavati obradu u više faznih prolaza. Preporuča se rad sa malim brzinama i velikim brzinama rezanja, koje je uvijek poželjno imati veće od debljine očvrsnutog sloja.

Postoje nijanse austenitnih čelika legiranih sa sumporom ili sa selenom poradi lakše obrade što loše utječe na antikorozivnost.

Poboljšanje obradivosti čelika tipa 18 / 8 možemo postići ako čelik odžarimo na temperaturi između 800 – 900 °C.

Time postizemo stvaranje karbida čije prisustvo olakšava obradu jer se čestica lakše odvaja.

Obavezno je nakon obrade takav čelik gasiti sa 1150 °C u vodi da bi se postigla antikorozivnost.

Hlađenje kod obrade austenitnih čelika ima važnu ulogu zbog slabe toplinske vodljivosti ove vrste čelika.

Kao posljedica slabe toplinske vodljivosti može nastati akumulacija topline na pojedinim mjestima obrade, tj. do zagrijavanja što oštrica alata slabo podnosi.

Visok koeficijent toplinskog istezanja koji je kod austenitnih čelika relativno visok loše utječe na obradu.

Hlađenje i podmazivanje mora dakle biti vrlo intenzivno da bi se obrada olakšala.

Za obradu austenitnih čelika upotrebljavaju se sljedeće vrste alata:

- brzorezni alatni čelici sa 18 % V (bušenje, narezivanje navoja, piljenje sa srednjim brzinama rezanja)
- alatni čelici na bazi volframa i kobalta 18 % W i 10 % Co (ta sve gore navedene obrade te za razvrtavanje i tokarenje)
- alati sa pločicama od tvrdog metala znatno povećavaju brzine rezanja uz upotrebu dovoljno jakih alatnih strojeva.

S obzirom na odgovarajuća mjesta primjene vatro otpornih čelika koja zahtijevaju pojedine vrste obrade odvajanjem čestica, razlikovat će se sljedeće vrste obrade: bušenje, izrada navoja, razvrtavanje, tokarenje, glodanje, rezanje pilom i dr. .