

3.3 TEHNOLOŠKA ISPITIVANJA

Tehnološka ispitivanja predstavljaju najstariji način ispitivanja metala.

Pod tehnološkim ispitivanjima podrazumeva se ispitivanje obradivosti metala, odnosno utvrđivanje ponašanja materijala pri odgovarajućoj obradi u hladnom ili toplom stanju. Kod ove vrste ispitivanja potrebno je stvoriti sve one uslove pod kojima će biti izvršena obrada ili prerada metala u stvarnosti. Ova vrsta ispitivanja ne zahteva specijalnu pripremu niti naročitu aparaturu. Vremenom su ova ispitivanja usavršavana i za većinu njih danas postoje propisi i standardi.

Ovakvim ispitivanjima podvrgavaju se limovi, žice, cevi i drugi metalurški proizvodi s ciljem da im se ustanovi sposobnost za deformisanje.

ISPITIVANJE DUBOKOG IZVLAČENJA LIMA

Ispitivanju sposobnosti dubokog izvlačenja lima podvrgavaju se limovi namenjeni izradi posuđa, čaura, automobilskih i avionskih obloga itd.

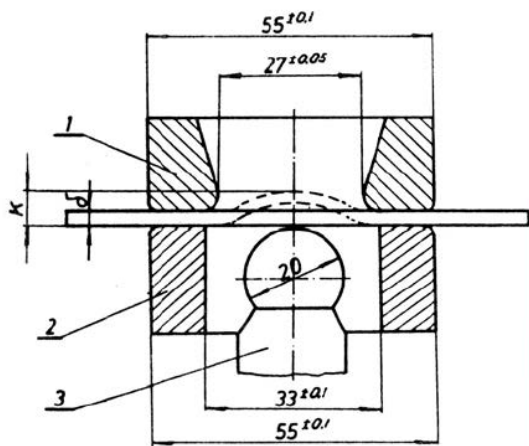
Ocena sposobnosti izvlačenja lima najčešće se vrši metodom **Eriksena**. Po ovoj metodi epruveta se izvlači loptastim utiskivačem prečnika $D=20\text{ mm}$ u specijalnom uređaju, koji omogućuje da se izmeri dubina izvlačenja K u mm (kod izvesnih uređaja i veličine sile F u daN u trenutku nastajanja prskotine).



Savremen uređaj za ispitivanje sposobnosti izvlačenja

Epruveta se izrađuje od limova i traka debljine $0,5\text{--}2\text{ mm}$, a u posebnim slučajevima i od limova $0,2\text{--}0,5\text{ mm}$. Deblji limovi od 2 mm se ne ispituju.

Dimenzije epruvete su zavisne od dimenzija uređaja za ispitivanje i kreću se od 70×70 do $90\times 90\text{ mm}$. Epruveta ne sme biti po ivicama deformisana, a ni prethodno podvrgnuta bilo kojoj vrućoj ili hadnoj obradi i udarima čekića u cilju ispravljanja. Limena pločica prečnika 70 mm postavlja se na prstenast oslonac i dobro pritegne da ne bi došlo do nabiranja i klizanja. U toku ispitivanja epruveta ne sme da se izvlači između prstenova. Na pločicu se utiskuje polulopta prečnika 20 mm sve dok se na udubljenom delu lima ne pojavi prskotina.



Šema uređaja



Izgled otiska

Kao merilo za sposobnost lima za obradu i duboko izvlačenje uzima se dubina prodiranja utiskivača u mm do pojave prvih znakova pukotina.

Između sile F , pri kojoj je došlo do prskanja, debljine lima δ i jačine na kidanje lima σ_m postoji empirijski utvrđena zavisnost, data izrazom:

$$\sigma_m = 0,04 \cdot F / \delta \quad (\text{N/mm}^2)$$

Ova zavisnost omogućava da se stekne predstava o jačini lima na osnovu proba izvlačenja.

Brzina utiskivanja mora biti 5-20 mm/min., a pri kraju utiskivanja se mora usporiti, da bi se mogao zapaziti čas pojave prve pukotine. Čas pojave prve pukotine je onaj u kojem je lim napukao kroz čitavu debljinu, tako da propušta svetlost. Momenat prskanja lima po čitavoj debljini pokazuje se na instrumentu za merenje sile utiskivanja, koja u tom momentu opada jer se otpor lima smanjuje.

Za razne materijale pod specijalnim uslovima, propisana je najmanja mera koju nazivamo **Eriksenovim brojem**, za koju mora postojati određen ugib.

ISPITIVANJE LIMOVA SAVIJANJEM

Ovim postupkom se uglavnom ispituju čelični limovi, ali i proizvodi od Cu i Al .

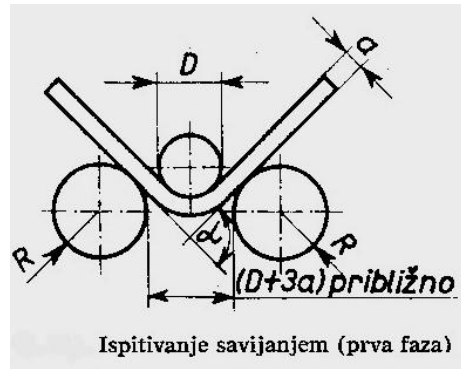
Ovo ispitivanje služi da bi utvrdili sposobnost deformisanja materijala savijanjem (do propisanog ugla) pri sobnoj temperaturi $20 \pm 5^\circ\text{C}$.

Za ispitivanje savijanjem epruvete mogu biti kružnog, pravougaonog, kvadratnog preseka i u izvesnim slučajevima raznih drugih oblika.

Po našem standardu (SRPS EN ISO 7438:2016) preporučuje se debljina epruvete do 30 mm i dužine $L = 5a + 150$ mm, gde je a debljina epruvete. Širina epruveta treba da je 25 ± 5 mm ili 50 ± 5 mm, ivice kvadratnih i pravougaonih epruveta treba da su zaobljene $r = 0,1 \cdot a$.

Epruvete se postavljaju na valjkaste oslonce (slika) čiji poluprečnik R zavisi od debljine lima a , tj. epruvete.

$$\text{Za } a \leq 12 \text{ mm} \rightarrow R = 25 \text{ mm, a za } a > 12 \text{ mm} \rightarrow R = 50 \text{ mm.}$$

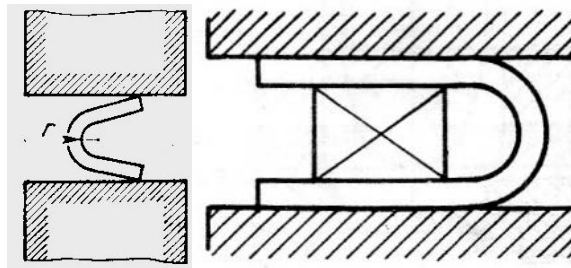


Prečnik valjka $D=0,5a \div 3a$ za pritiskivanje manji je od prečnika oslonaca i zavisi od vrste materijala koji se ispituje. Rastojanje između oslonaca treba da je najmanje $D+3a$.

Savijanje se vrši dotle dok oba kraka epruvete ne dostignu propisani ugao. Sila savijanja se postepeno povećava sve dok se na spoljnoj strani ne pojave pukotine (širine oko 2 mm).

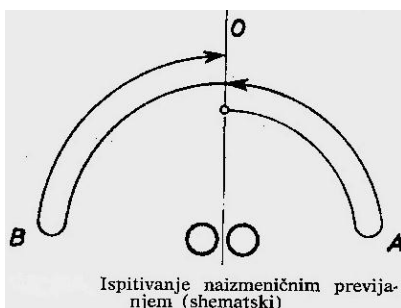
Merilo sposobnosti savijanja je ugao savijanja α do pojave prskotine.

Ukoliko se na gornji način ne može postići propisani ugao savijanja i ne dođe do prskotine lima, epruveta se vadi i njeni krajevi se savijaju preko umetka određene debljine (slika) ili bez njega, dok se ne pojavi prskotina ili krajevi ne nalegnu jedan na drugi, tj. postanu paralelni.



ISPITIVANJE TRAKA I ŽICA NAIZMENIČNIM PREVIJANJEM

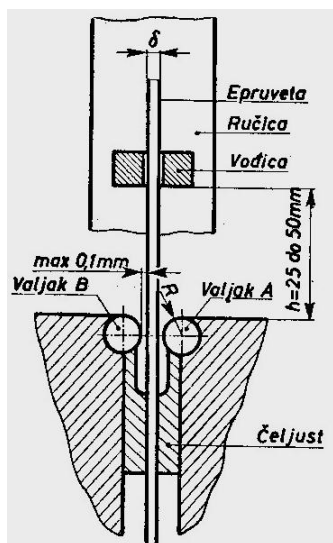
Ispitivanje pregibanjem se primenjuje kod tankih limova (traka) i žica, sa ciljem da se odredi sposobnost na naizmenično previjanje.



Ispitivanje se sastoji u naizmjeničnom previjanju epruvete za 90° preko valjaka određenog poluprečnika na jednu, pa zatim na drugu stranu, u istoj ravni, do loma ili propisanog broja previjanja. Jedno previjanje sastoji se u previjanju epruvete u bilo kom smeru za ugao od 90° i njenom vraćanju u prvobitni položaj (smer O-A-O ili O-B-O). Brzina previjanja treba da je tolika da zagrevanje epruvete ne utiče na rezultate ispitivanja.

Jedan kraj epruvete se uklješti između oslonaca (slika) radijusa zaobljenja 2, 5, 7 ili 10 mm , a drugi kraj je pritegnut u vodiči ručice, kojom se vrši pregibanje. Žica se previja za 180 stepeni sve dok ne dođe do loma žice.

Broj pregibanja se broji i predstavlja merilo otpornosti žice na pregibanje.



Ispitivanju pregibanjem podvrgavaju se:

- Žice prečnika od 0,3-8 mm
- Profilisane šipke preseka manjeg od 120 mm²
- Limovi debljine do 5 mm, isečeni u trake širine $b=2\delta+10$ i dužine $l=100-150$ mm, gde je δ debljina lima.

ISPITIVANJE ŽICE UVIJANJEM (TORZIJOM)

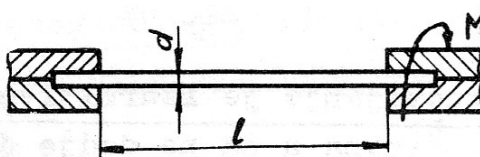
Ispitivanje ima za cilj određivanje broja uvijanja žice datog prečnika i kvaliteta.

Epruveta se učvršćuje u uređaj, tako da se obezbedi dovoljna dužina L i uvija oko svoje uzdužne ose pomoću jedne obrtne čeljusti. Pri uvijanju ne sme doći do savijanja epruvete i promene odstojanja između čeljusti mašine.

Broj uvijanja, koji se označava sa N predstavlja n-obrtaja za 360° oko ose. Za nov materijal broj uvijanja N određen je od strane proizvođača. Za već korišćene žice (mehanički oštećene zbog habanja, uvijanja ili korozije, odnosno nehomogenosti materijala) ocenjuje se smanjeni broj N. Ispitivanje je zadovoljilo ako je postignut propisani broj uvijanja N, bez obzira na mesto prekida.

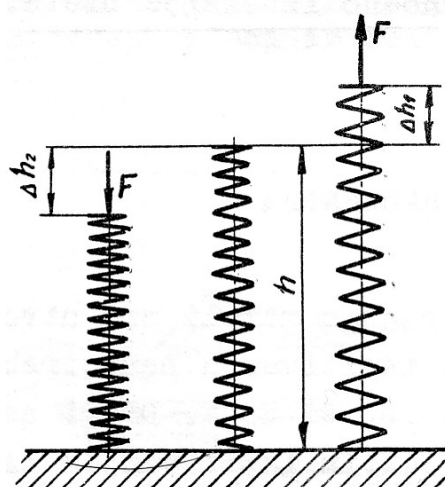
Žica određene dužine učvršćuje se u aparat sa dve čeljusti, čije se rastojanje podešava i zavisi od debljine ispitivane žice (slika), i iznosi za žice:

$$d \leq 2 \text{ mm} \rightarrow l = 150 \text{ mm}, \text{ a za } d > 2 \text{ mm} \rightarrow l = 75 \cdot d.$$



Žica se u jednoj čeljusti okreće, brojeći na brojčaniku broj celih krugova uvijanja žice, što predstavlja merilo otpornosti žice na uvijanje.

ISPITIVANJE OPRUGA



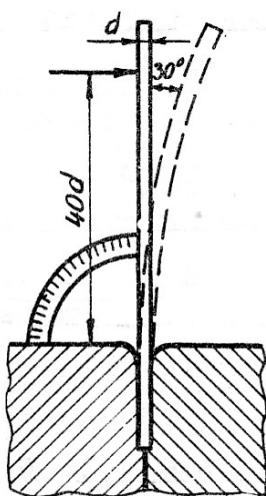
Pri ovom ispitivanju opruga ne određuje se svojstvo materijala od kojeg je izrađena opruga, već samo karakteristika opruge, tj. **konstante opruga** h . Konstanta opruga je veličina koja pokazuje za koju se vrednost visina opruge povećava Δh_1 pod dejstvom zatežuće sile, tj. smanjuje Δh_2 , ako na nju deluje pritisno opterećenje od 10 N.

Rezultat ispitivanja se prikazuje obično grafikonom nanoseći na ordinatu (vertikalna osa) Δh_1 ili Δh_2 , a na apscisu (horizontalna osa) porast sile.

ISPITIVANJE POVARNOSTI

Ispitivanjem povratnosti ispituju se materijali, kao što su: žica i gibnjevi (lisnate opruge).

Ova vrsta ispitivanja vrši se na komadu žice dužine 400 mm, koja se sa svojih 100 mm dužine uklješti u glatke čeljusti zaobljenih ivica (slika). Žica se povije pod uglom od 30°, pritiskom na udaljenosti 40·d od čeljusti.



Nakon toga, žica se otpusti i meri ugao povratnosti. Materijal koji se ispituje na povratnost treba da je nepromenjenog stanja, bez ikakvih prethodnih obrada, naročito termičkih, sem ako se specijalno zahteva kao uslov ispitivanja prethodna obrada.

B. ISPITIVANJE METALA BEZ RAZARANJA (DEFETOSKOPIJA)

Za ispitivanja materijala sa razaranjem moraju se utrošiti izvesne količine materijala koje se posle ispitivanja ne mogu upotrebiti, što je jedan od nedostataka ovakve vrste ispitivanja.

Drugi nedostatak te vrste ispitivanja je bio taj što se takvim ispitivanjem ispitivala samo neznatna količina materijala dok je daleko veća količina materijala ostajala neispitana. Osim toga ovom vrstom ispitivanja vrlo je teško ispitati materijal koji je već ugrađen u mašinu.

Nasuprot ovim metodama ispitivanja postoje razne druge metode ispitivanja bez razaranja, kojima se mogu ispitivati gotovi delovi konstrukcija a da se materijal ne razori.

Cilj ispitivanja materijala bez razaranja je da se u materijalu utvrdi greška u unutrašnjosti (lunker, gasni mehurovi, troska, pukotine i dr.), a nekim metodama i teško uočljive površinske greške, kao što su uske pukotine. Ovim ispitivanjem mogu se uočiti greške, odrediti njihov položaj, veličina i priroda.

Ispitivanjem bez razaranja ne mogu se odrediti mehaničke osobine.

Ispitivanja bez razaranja mogu se podeliti na ispitivanja u cilju:

- Određivanje nehomogenosti materijala i gotovih proizvoda,
- Određivanje defekata (unutrašnjih grešaka) materijala i gotovih proizvoda.

Vrste ispitivanja bez razaranja su uglavnom sledeća:

- Rentgenskim zracima
- Gama zracima
- Magnetna ispitivanja
- Ultrazvučna ispitivanja
- Fluorescentna ispitivanja

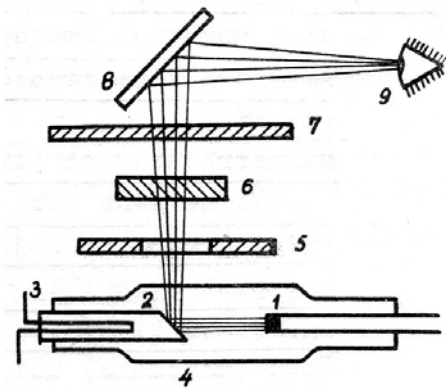
ISPITIVANJE RENTGENSKIM ZRACIMA (RENTGENOGRAFIJA)

Ovo ispitivanje je zasnovano na sposobnosti prolaženja rentgenskih zraka kroz metale, pri čemu dolazi do njihove manje ili veće apsorpcije.

Ovom vrstom ispitivanja pored određivanja defekta (unutrašnjih defekata) na metalnim delovima dobijenim livenjem, valjanjem, kovanjem ili zavarenim spojevima, mogu se kontrolisati i ostvarene debljine naročito pri valjanju limova.

Princip ispitivanja rentgenskim zracima je sledeći (slika): Rentgenski zraci iz rentgenske cevi (4), dobijeni emitovanjem snopa elektrona od usijane katode (1), prolaze kroz otvor na zaklonu (5) nailaze na ispitivani materijal (6), koji već u zavisnosti od svoje homogenosti, debljine i vrste apsorbuje određenu količinu zračenja a ostatak neapsorbovan pada na fluorescentnu ili fotografsku ploču (7), stvara sliku i odlazi dalje preko ogledala (8)

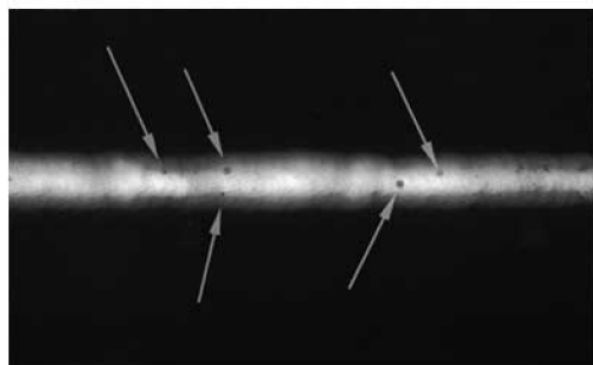
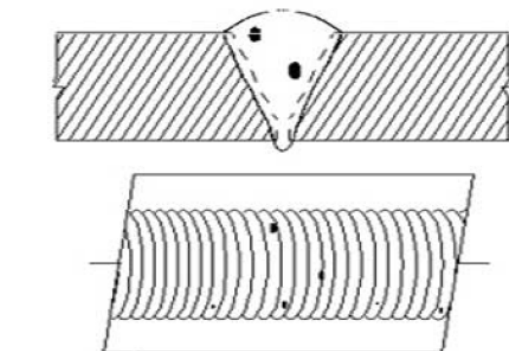
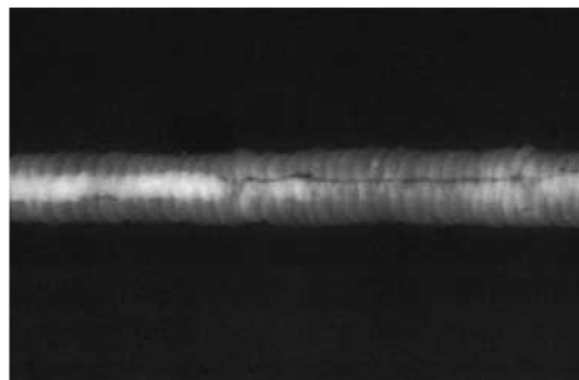
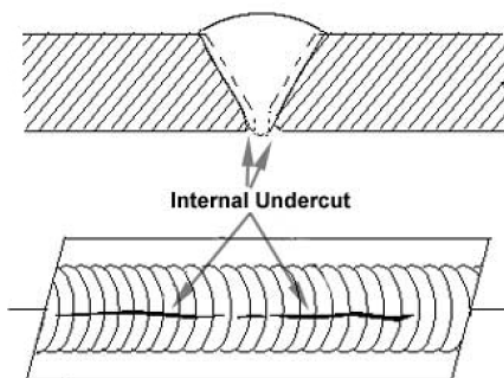
na oko posmatrača (9). Radi velikog zagrevanja anode, ista je snabdevena uređajem za hlađenje (3).



Rentgenska cev

Ukoliko se u unutrašnjosti materijala nalaze šupljine intenzitet propuštanja zračenja će biti veći nego na ostalim mestima, te će ta mesta biti mnogo više osvetljena što bi se odražavalo na foto ploči.

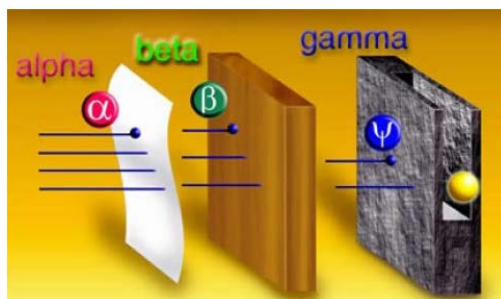
Obzirom da materijali imaju različitu gustinu to je i njihova sposobnost propuštanja zračenja različita, tako da manje propuštaju zrake ukoliko je njihova atomska težina veća. Ovo svojstvo koristi se pri ispitivanju. Tako će po prilazu X - zraka kroz materijal biti više apsorbovani oni zraci koji prolaze kroz homogeni - zdravi deo, zbog čega će na filmu biti jače "zacrtnjenje", a manje će biti apsorbovan onaj deo zraka koji prolaze kroz nehomogeni deo, što se na snimku vidi sa svetlijim tonovima. Stoga će sve greške, šupljine, pore, prsline i slični defekti, biti jasno uočljivi na filmu koji je jednovremeno trajni dokument kvaliteta dobijen bez razaranja komada.



Rentgenski snimci zavarenih spojeva sa greškama (prsline – gore, uključci – dole)

ISPITIVANJE GAMA ZRACIMA (GAMAGRAFIJA)

Ovo ispitivanje je zasnovano na istim principima kao i ispitivanje rentgenskim zracima. Ova ispitivanja, kao i prethodna, zasnivaju se na ozračivanju komada koji se ispituju i registrovanju promene zračenja na nehomogenim mestima pomoću foto metode.



Gama zračenje, suprotno od rentgenskog, nastaje spontanom radijacionom emisijom posebnih materija: prirodnih (radijum, radon...) ili veštačkih radioaktivnih materija. Ovi elementi emituju gama zrake određene i stalne talasne dužine, koji su karakteristični za svaki radioelement.

Zahvaljujući maloj talasnoj dužini radioaktivni zraci imaju svojstvo da prodiru kroz sve materijale u znatno većoj meri od rentgenskih zraka.

Ispitivanje gama zracima je mnogo prikladnije i jeftinije jer nisu potrebne specijalne skupe aparature. Za ispitivanje gama zracima najviše se koriste izotopi:

- **Kobalt 60** za materijal debljine 40-150 mm,
- **Cezijum 137** za ispitivanje čelika od 20-75 mm,
- **Iridijum 192** za ispitivanje čelika od 10-60 mm,
- **Tulijum 170** za ispitivanje tankih predmeta.

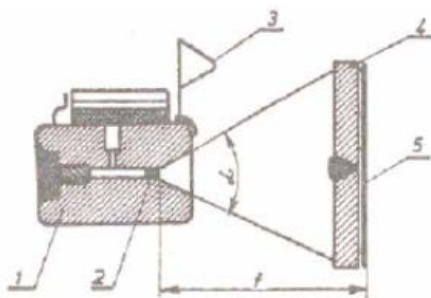
Za dobru i bezbednu kontrolu tj. primenu izotopa neophodna je primena specijalnih uređaja tzv. defektoskopa od kojih zavisi kvalitet, vrsta i način kontrole.

Dokument kvaliteta je radiogram (foto-snimak) na kome se mogu lako uočiti greške proizvoda bez njihovog razaranja isto kao i u rentgenografiji.

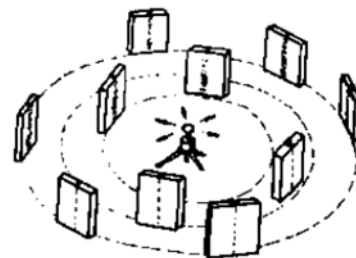
Na slici je prikazana šema ispitivanja pomoću gama zraka. Radioaktivni elemenat (2) smešten je u komoru (1) i kroz koničan otvor emituje gama zrake, koji padaju na površinu predmeta (4). Prolazeći kroz predmet zraci prolaze i kroz film (5). Zavisno od gustine predmeta imaćemo veće ili manje zacrtnjenje slike. Iza filma postavljena je olovna ploča, koja apsorbuje zrake koji prolaze kroz predmet i kroz film, da bi se izbegla sekundarna zračenja, koje bi nastalo rasturanjem gama zraka od okolnih metalnih predmeta.



Izgled defektoskopa



Šema ispitivanja



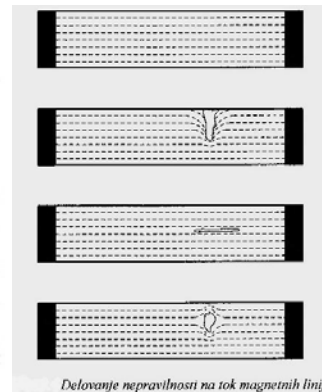
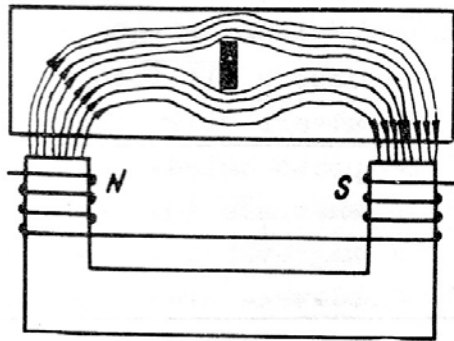
Panoramsko snimanje

Zahvaljujući zračenju izotopa na sve strane u prostoru moguće je obaviti osim pojedinačnih snimanja i tzv. "panoramsko", tj. snimanje više objekata jednovremeno.

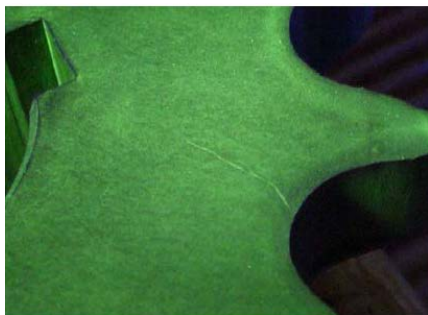
MAGNETNA ISPITIVANJA

Magnetna vrsta ispitivanja omogućava utvrđivanje površinskih za oko nevidljivih, grešaka u materijalu.

Ispitivani predmet se stavi između polova elektromagneta kroz čije namotaje prolazi jednosmerna ili naizmjenična struja (slika).



Linije magnetnih sila pri prolazu kroz homogeni materijal su ravnomerne, dok nailaskom magnetnih linija sila na neki uključak, prskotinu i sl. doći će do skretanja magnetnih linija sila. Da bi se greške u materijalu uočile, obzirom da su magnetne linije nevidljive, predmet koji se ispituje posipa se crnim prahom fero-oksida FeO u ulju ili u alkoholu. Na mestima riseva ili u okolini defekta prah se grupiše, odnosno, čestice praha se u defektu sakupljaju.



Greške na lančaniku i kuki

Za ovu vrstu ispitivanja rečeno je da se upotrebljava jednosmerna ili naizmjenična struja.

Jednosmerna struja se upotrebljava radi utvrđivanja poprečnih riseva a naizmjenična struja za utvrđivanje uzdužnih riseva.

ULTRAZVUČNA ISPITIVANJA

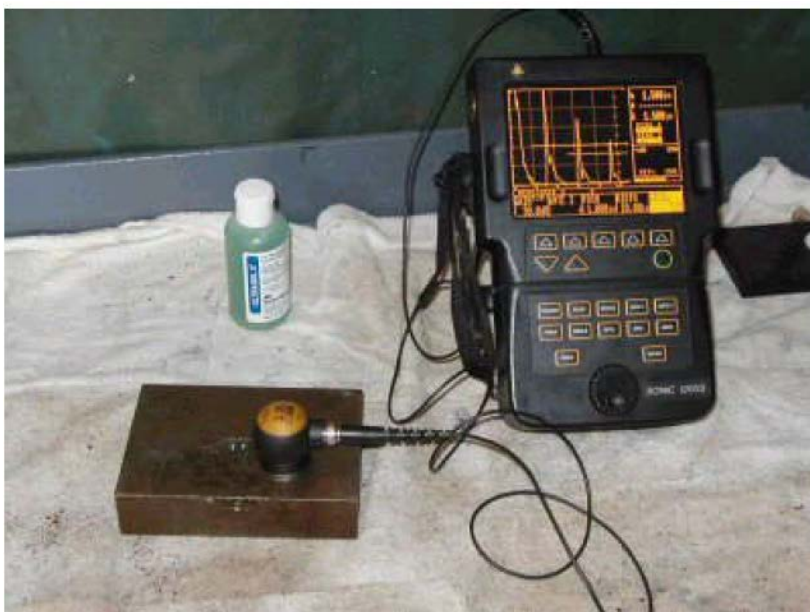
Metoda ultrazvuka – emitovanje zvučnih talasa kroz materijal. Šta je ultrazvuk? Zvuk koji je generisan iznad dometa ljudskog sluha, obično preko 20 kHz, to je materijalno treperenje sredine, pa omogućuje njegovo prodiranje u materijal.

Ultrazvuk ima kratke talasne dužine, te se koristi za otkrivanje defekata unutar materijala, na malim površinama. Ovom vrsta ispitivanja mogu se ustanoviti greške, tj. prskotine dugačke 0,4 mm i širine 0,0001 mm na predmetima debljine 0,5-300 mm.

Frekvencijski opseg koji se koristi u ultrazvučnom ispitivanju bez razaranja kreće se u opsegu od 100 kHz do 50 MHz.

Ultrazvučne vibracije putuju u obliku talasa, na sličan način kao što svetlost putuje. Međutim, za razliku od svetlosnih talasa, koji mogu putovati u vakuumu (prazan prostor), ultrazvuk zahteva medijum: kruto telo ili tečnosti. Prostiranje ultrazvuka kroz materijal praćeno je izvesnim rasipanjem, zbog čega nastaje razlika između količine ulaznih i izlaznih ultrazvučnih talasa, što se prati na odgovarajućem osciloskopu uređaja.

Ultrazvučna treperenja, **proizvedena kvarcnim oscilatorom**, upućena na površinu predmeta, koji se ispituje, prolazi kroz predmet ili se pojavljuju izvesne anomalije u prolazu ako naiđu na neke prskotine, gasne mehure ili uključke, treperenja će se odbiti od njih i time preći manji put no što bi to bilo kod homogenog materijala. Posebnim uređajima odbijeni talasi se mogu registrovati i ustanoviti položaj greške u materijalu.



Uređaj za ultrazvučnu kontrolu (levo) i određivanje grešaka ultrazvučnom metodom (desno)

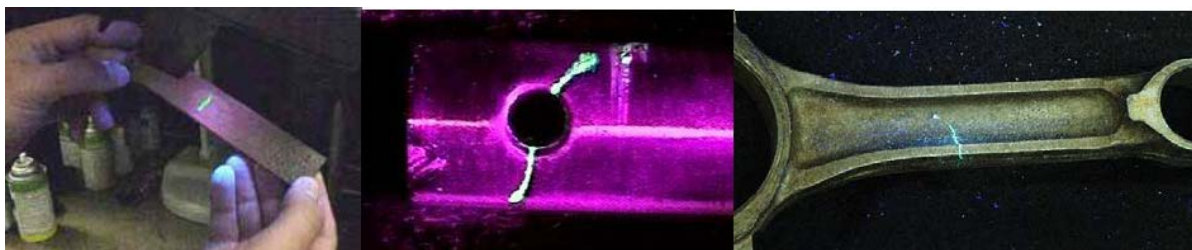
Ovaj način ispitivanja se primenjuje za utvrđivanje defekata, homogenosti materijala odnosno ravnomernost izrade.

ISPITIVANJE FLUORESCENCIJOM

Ova vrsta ispitivanja nije vezana sa drugim metodama, samostalna je i zato je vrlo rasprostranjena. Ovom metodom se otkrivaju greške koje se nalaze na površini komada, a naročito kod materijala koji nemaju feromagnetne osobine.

Ispitivanje se izvodi tako što se predmet koji se ispituje prethodno očisti i nakvasi (potopi) odgovarajućom tečnošću (fluorescentne soli) i posle 10-15 minuta tečnost se odstrani sa predmeta. Tečnost prodire u defektna mesta i posle brisanja ostaje u njima. Kada se predmet osvetli IC (infracrvenim) zracima određene talasne dužine vrlo jasno se ocrtavaju mesta defekta.

Ovom metodom možemo utvrditi ne samo postojanje površinskih grešaka, već i njihov izgled, veličine i način njihovog prostiranja. Ovom metodom se otkrivaju prsline šire od 0,01 mm i dubine 0,03-0,04 mm i više.



Greške određene fluorescentnim probama

C. ISPITIVANJE STRUKTURE

Ispitivanje strukture tj. unutarnje građe i osobina (svojstava) metala i legura bavi se nauka nazvana **metalografija**.

Metalografska ispitivanja se najčešće dopunjuju ostalim vidovima ispitivanja sa razaranjem i bez razaranja, čime se dobija kompletna slika o stanju metala i legura.

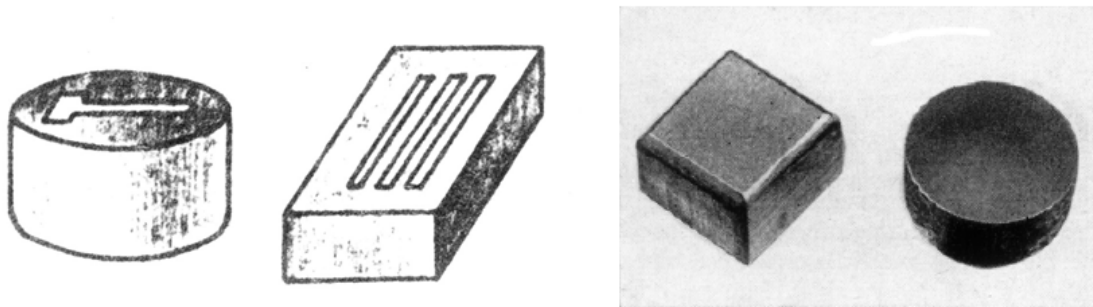
TEHNIKE METALOGRAFSKOG ISPITIVANJA

Za metalografska ispitivanja potreban je odgovarajući uzorak materijala koji se ispituje, tzv. *metalografski šlif*. On se koristi za određivanje strukturne građe koja je osnov poznavanja svojstava i pokazatelj toka nekog tehnološkog procesa obrade.

Postoje dve osnovne metode metalografskog ispitivanja i to:

- makroskopska, koja obuhvataju vizuelnu kontrolu i uvećanja do $20\times$ i
- mikroskopska metoda, sa povećanjem od $20-2000\times$ (optički mikroskopi) i sa povećanjem više desetina hiljada puta (elektronski mikroskopi), primenjuju se za detaljniju tj. potpuniju analizu unutrašnje građe.

Makroskopska i mikroskopska metalografska ispitivanja izvode se na nagriženim ili na nenagriženim šlifovima, zavisno od zahteva, a u posebnim slučajevima uz foto snimanje radi kompletiranja dokumentacije.



Izgled metalografskih šlifova

PRIPREMANJE UZORAKA ZA METALOGRAFSKO ISPITIVANJE

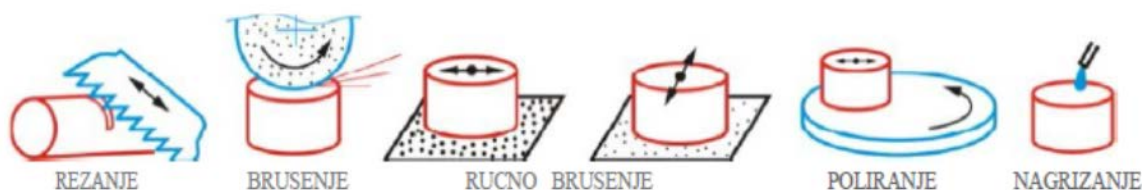
Za metalografsko ispitivanje postoji poseban način uzimanja i pripreme uzoraka.

Prva faza je **izrezivanje uzoraka**. Uzorak treba da predstavlja reprezentativni deo celokupnog bloka iz koga je izvađen. Uzorci se ne smeju odsecati makazama, jer pri sečenju može doći do gnječenja kristala. Isto tako uzorke ne treba uzimati gasnim ili elektrolučnim sečenjem, jer se tada usled visoke temperature javljaju bitne promene strukture. Vrlo tvrdi i kruti uzorci uzimaju se iz osnovne mase najčešće odlamanjem udarcima čekića.

Dalja operacija pripreme isečenog uzorka u cilju dobijanja čiste, glatke i ravne površine je **brušenje**. Najpre se grubim brušenjem točilom ili turpijom otklone grube neravnine, a zatim se finim brušenjem pomoću brusnih papira uzorak obradi do željene hrapavosti. Brusni papiri koji se koriste za laboratorijsku pripremu uzoraka moraju imati standardne kvalitete. Sastoje se od podloge na koju je ravnomerno nanešen i zalepljen sloj abrazivnih čestica određene krupnoće. Pri brušenju uzorka treba voditi računa o zagrevanju uzorka i obezbediti potrebno hlađenje.

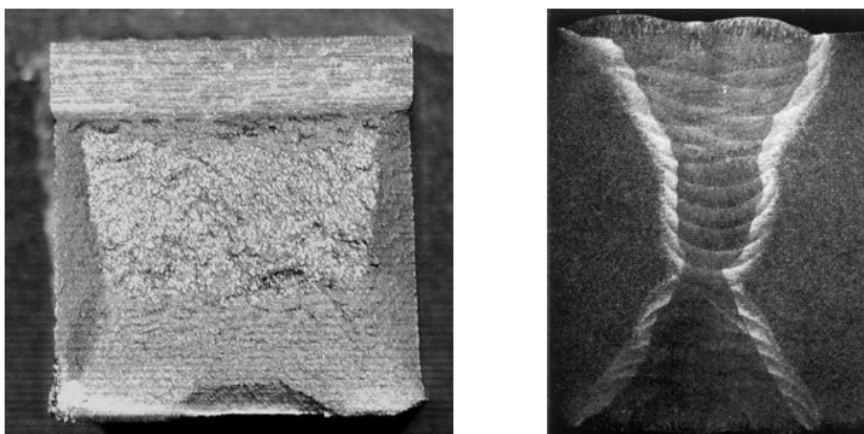
Nakon brušenja vrši se **poliranje uzorka** do ogledalskog sjaja, pri čemu se sa površine uzorka uklanjaju tragovi brušenja. Poliranje se vrši na uređajima koji se sastoje iz jednog ili više obrtnih diskova presvučenih filcom. Kao sredstvo za poliranje koristi se suspenzija glinice Al_2O_3 ili magnezijum oksida MgO . Sredstvom za poliranje kvase se diskovi za poliranje i uzorak polira uz stalno kretanje po disku. Vreme poliranja je 5-10 minuta. Zatim se uzorak opere vodom, pa lakoholom i osuši, čime je pripremljen za metalografsko ispitivanje.

U slučaju da se na ovako pripremljenom uzorku ne uočava struktura vrši se **nagrizanje uzorka**. Reaktivni koji se primenjuju za nagrizanje su najčešće rastvori kiselina, baza i soli u slabim vodenim ili alkoholnim rastvorima. Ovi reaktivni na površini uzorka stvaraju manje ili veće mikroskopske neravnine koje omogućuju da se identifikuje struktura metalografskim mikroskopom. Ovako nagrižen uzorak potapa se u alkohol, pa nakon sušenja stavlja u eksikator (stakleni hemijski sud) do ispitivanja.



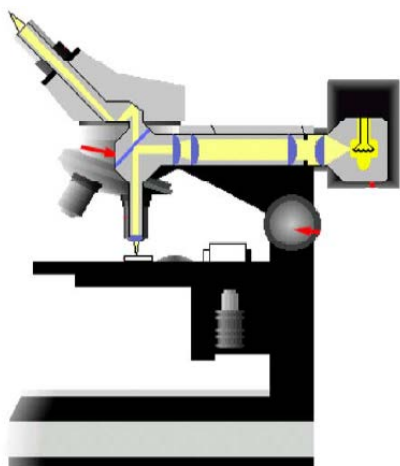
MAKROSKOPSKA I MIKROSKOPSKA ISPITIVANJA

Makroskopska ispitivanja sastoje se u vizuelnom pregledu uzorka golim okom ili pomoću lupe sa manjim povećanjem (do 20 puta). Ova ispitivanja prethode mikroskopskim ispitivanjima i u nizu slučajeva daju zadovoljavajuću sliku o građi materijala i greškama u njemu. Makroskopska ispitivanja primenjuju se za proveru livenih, kovanih, valjanih, presovanih, kao i termički obrađenih uzoraka. Pri ispitivanju je moguće otkriti: veličinu i oblik šupljina nastalih pri hlađenju uzoraka, gasne mehurove, stepen homogenosti odlivka, prisustvo nemetalnih primesa (oksida, zgure), pojavu brazdi itd.



Uzorci za makroskopska ispitivanja

Daleko potpunija slika o unutrašnjoj građi materijala dobija se **mikroskopskim ispitivanjem**. Mikroskopska ispitivanja omogućavaju da se odredi tip mikrostrukture, udeo pojedinih struktura (mikrokonstituenata), veličina zrna, njihova orijentacija, raspodela i veličina uključaka i tsl. Ispituju se kako jednofazni tako i višefazni metali i legure. Ovim ispitivanjem mogu se odrediti i greške koje narušavaju homogenost strukture nastale pri različitim tehnološkim procesima (livenje, termička obrada, kovanje, hemijsko-termička obrada i drugi vidovi prerade metala i legura).

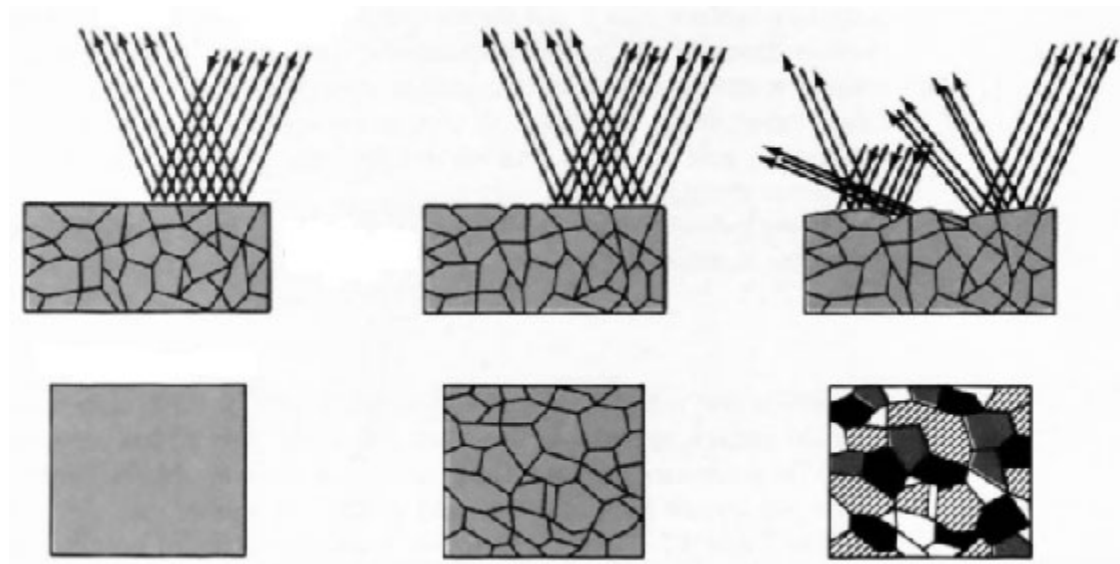


Mikrostruktura se najčešće ocenjuje na nagriženim uzorcima i to pomoću optičkih (20 do 2.000×) i u novije vreme pomoću elektronskih mikroskopa (50 do 1.500.000×).

Šema principa rada i izgled optičkog mikroskopa

Metalografski mikroskopi rade na principu odbojne svetlosti. Princip rada metalografskog mikroskopa prikazan je na slici. Svetlosni zraci padaju vertikalno na ispitivanu površinu, odbijaju se od nje i preko sistema prizmi dospevaju kroz okular do

posmatračevog oka. Ukoliko svetlosni zrak padne na ravnu površinu odbiće se od nje i pod istim uglom doći do oka posmatrača. Tu tačku posmatrač vidi kao svetlu površinu. Nasuprot tome, ako snop svetlosnih zraka padne na neravnu-nagriženu površinu, dolazi do velikog rasipanja tako da samo mali deo svetlosnih zraka stiže do posmatrača. Ta mesta posmatrač vidi kao tamne površine. Zahvaljujući svetlosnim kontrastima između tamnih i svetlih polja mogu se jasno uočiti pojedine strukture na ispitivanoj površini. Pored posmatranja mikrostruktura pojedinih zona mikrošlifa na optičkim mikroskopima moguće je i foto snimanje mikrostrukture, uvećana slika.



Odbijanje svetlosnih zraka sa nenagriženog i nagriženih uzoraka