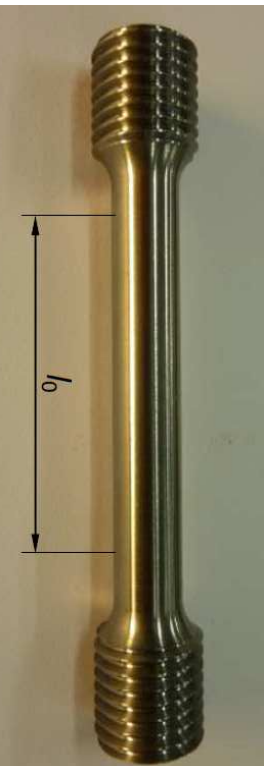


Peatükk 7

Materjalide omadused

7 - 2

Materjalide mehaanikalised omadused määratakse tavaliselt otsese testimisega, mis sageli lõpevad katsekeha purunemisega, näiteks tõmbekatse, väändekatse või löökkatse. Vastandina neile meetoditele on hakatud kasutama ka mittepurustavat testimist. Selleks, et erinevad katsetulemused oleks võrreldavad, on nii katsekehad kui katsetamise tingimused standardiseeritud. Katsekehade puhul fikseeritakse nende kuju ja mõõtmed, samuti on fikseeritud, millisel temperatuuril, õhurõhul ja õhuniiskuse juures tuleb katsed sooritada. Standardtingimustel sooritatud katset nimetatakse *teimiks*. Üks võimalikest standardsetest teraskatsekehadest on kujutatud joonisel 7.1¹.



Joonis 7.1: Tõmbekatsel kasutatav katsekeha.

¹Selle peatüki joonised on peamiselt pärit prof. A. Klausoni koostatud õppevahendeist.

7.1 Terasetõmbekatsed

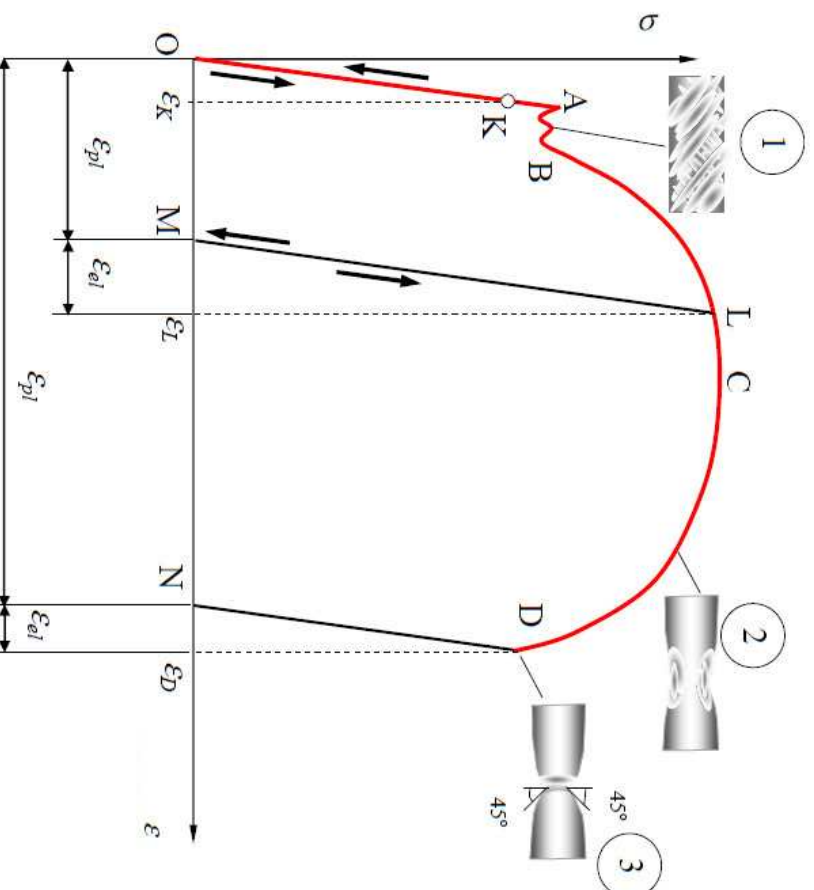
Joonisel 7.2 on kujutatud madala süsinikusisaldusega terasest katsekeha tõmbediagramm, mis esitab pinget ja deformatsiooni vahelist sõltuvust. Diagrammi võib jagada neljaks piirkonnaks.

- OA — lineaarne sõltuvus — kehtib Hooke'i seadus
- AB — voolavus — Lüdersi jooned
- BC — materjali kalesummine — lossimine ja taaskoormamine mööda sirget LM
- CD — kaela teke — purunemine punktis D — elastse deformatsiooni kadumine.

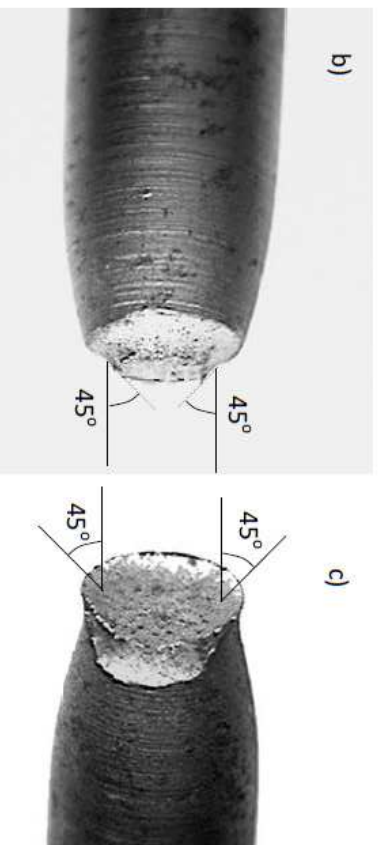
Tüüpiline terasepurunemispilt on esitatud joonisel 7.3.

7.1. Terasetõmbekatsed

7 - 4



Joonis 7.2: Terasetõmbediagramm

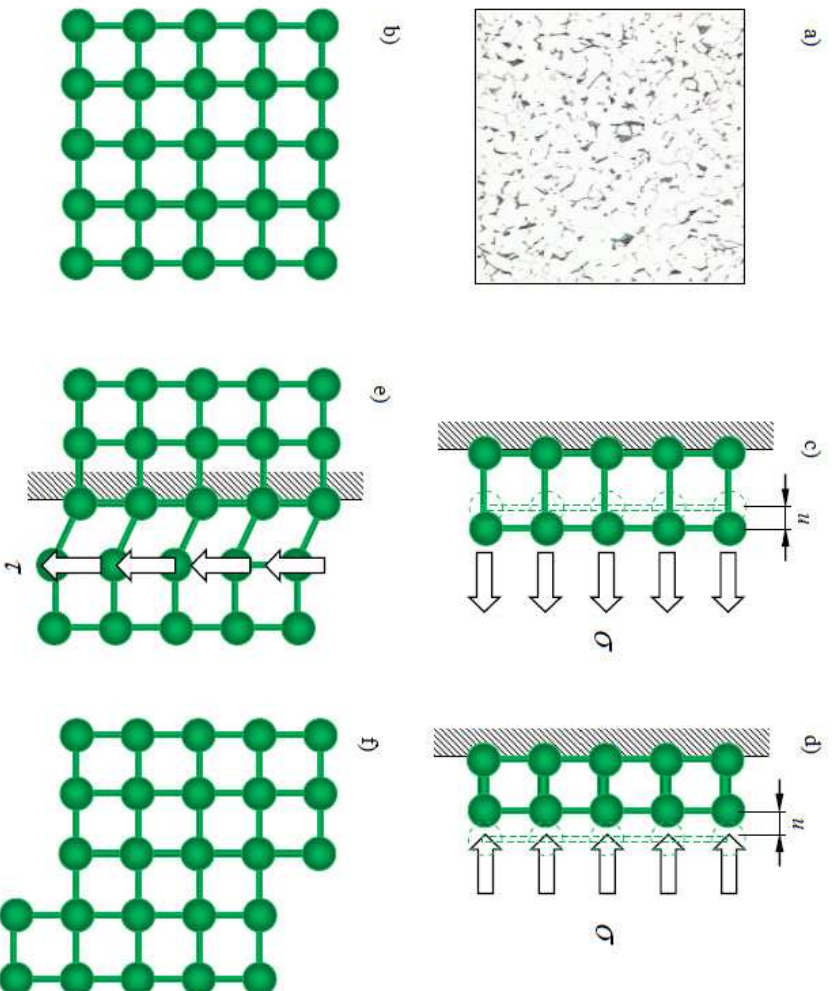


Joonis 7.3:

7.1.1 Deformatsiooni tekkemehanism

Metallidel on kristalliline struktuur. Sulametalli jahtumisel tekib palju kristalloorumistsentreid, mistõttu metall koosneb suurest hulgast teradest, mida nimetatakse kristalliitideks. Joonisel 7.4 on kujutatud kristallivõres normaalpingete ja nihkepingete poolt põhjustatud protsesse.

- a) — madala süsinikusisaldusega terase pinnapilt — heledamad ja tumedamad (suurema süsinikusisaldusega) kristalliidid
- b) — deformeerumata kristallivõre
- c) ja d) — normaalpingetest põhjustatud deformatsioonid — kui sidemed katkevad, siis toimub purunemine, kui ei, siis on tegu elastse deformatsiooniga
- e) ja f) — nihkepingetest põhjustatud deformatsioonid — kui siire ületab pool võresammu, siis tekkivad jäävad deformatsioonid — kui siire ületab mitut võresammu, siis võib tekkida niikepurunemine — Lüdersi jooned 45° all — seal on suurimad nihkepinged ja tekkivad jäävad deformatsioonid.
- Jäävate deformatsioonide tekkel mängivad tähtsat rolli ka kristallivõre dislokatsioonid.



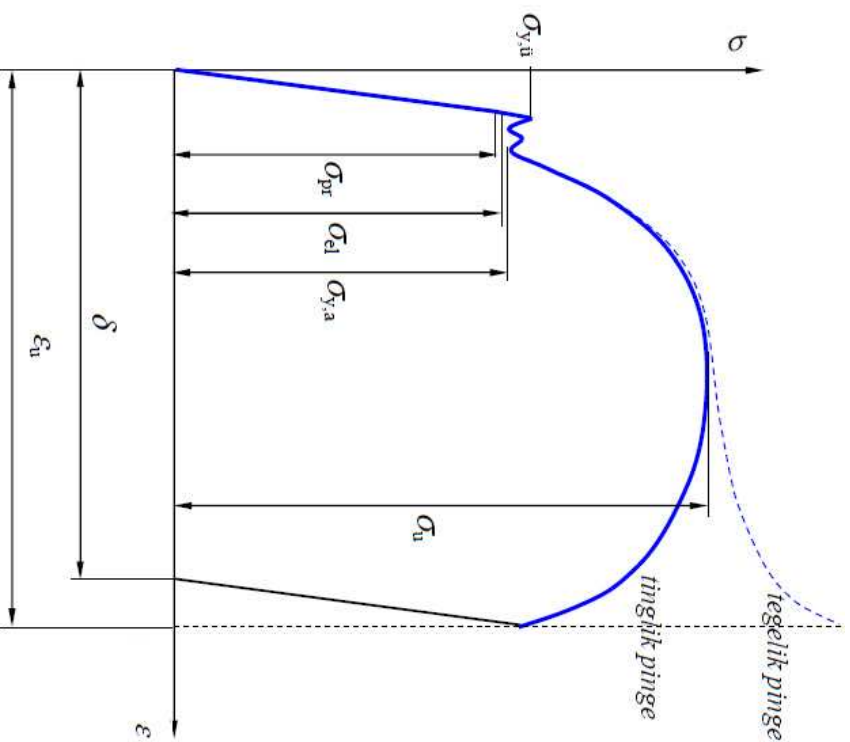
Joonis 7.4: Deformatsiooni tekkemehanism kristalliidis.

7.1. Terase tõmbekatsed

7.1.2 Materjali mehaanikalised karakteristikud

Joonisel 7.5 kujutatud tõmbediagrammil on esitatud mitmed terase mehaanikaliseid karakteristikuid iseloomustavad suurused (karakteristikud). Pideva joonega on kujutatud tingliku pinget (jõud jagatud ristlõike algpindalaga) ja kriipsjoonega tegeliku pinget (jõud jagatud ristlõike tegeliku pindalaga) graafikut.

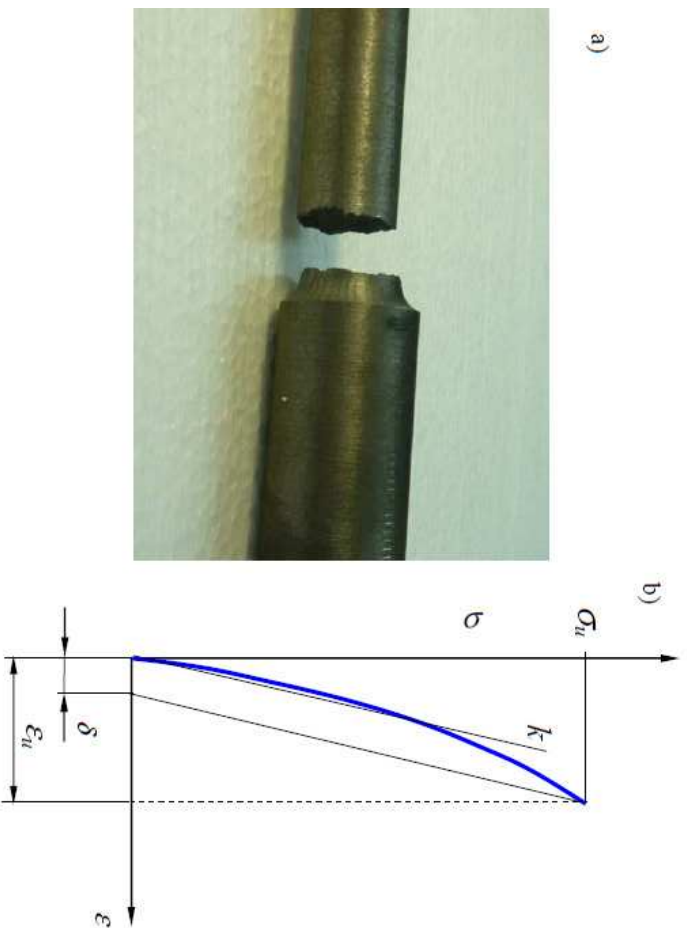
- σ_{pr} — proportsionaalsuspää — suurim pinget, milleni kehtib Hooke'i seadus
- σ_{el} — elastsuspää — suurim pinget, milleni materjal praktiliselt ei omanda jäävaid deformatsioone (näiteks jääv ad viimase alla 0,05%)
- $\sigma_{y,a}$ ja $\sigma_{y,u}$ alumine ja ülemine voolavuspää — mõnikord õnnestub määrata vaid üks voolavuspää σ_y — tinglik voolavuspää, näiteks $\sigma_{0,2}$
- σ_u — tõmbetugevus — suurim katse jooksul fikseeritud tinglik pinget.
- δ — katkevenivus — katsekehal moodetud jääkdeformatsioon, mida sageli esitatakse protsentides.
- ϵ_u — katkedeformatsioon — katsekeha deformatsioon purunemishetkel



Joonis 7.5: Tõmbediagramm ja materjali karakteristikud.

7.2 Hallmalmi tõmbekatsed

- Malm on raua sulam, kus süsiniku sisaldus on tunduvalt suurem kui terases.
- Hallmalm — kristalliseerumisel tekkinud grafit on liblejas — murdepind halli värvi.
- Joonisel 7.6 on kujutatud tüüpiline hallmalmi purunemispilt ja tõmbediagramm.
- Katkevenivus ja katkedeformatsioon on võrreldes terasega väga väikesed
- Malm puruneb juba väga väikese deformatsiooni juures ja tal puuduvad terasele iseloomulikud pinged peale tõmbetugevuse σ_u .
- Tõmbediagrammil puudub sirge osa — leitakse nn. kõõlelastsusmoodul
- Ristlõige praktiliselt ei ahene — tegelik ja tinglik pinged langevad kokku.



Joonis 7.6: Malmi purunemispilt ja tõmbediagramm

7.3. Hapruus, sitkus, plastsus, tugevus

7 - 12

7.3 Hapruus, sitkus, plastsus, tugevus

Vastavalt käitumisele enne purunemist, saab välja tuua mitmeid erinevaid materjali omadusi, vt. joonist 7.7, kus on esitatud erineva süsinikusisaldusega rauasulamite tõmbediagrammid.

- Haprad² materjalid
 - Hapruus — materjali omadus puruneda juba tühise deformatsiooni korral.
- Plastsed³ materjalid
 - Plastsus — materjali omadus omandada olulisi jääkdeformatsioone.
 - Plastsusel määra on tähtis teada näiteks valtsimisel, sepiamisel⁴, traadi tõmbamisel jne.
 - Mida plastsem on materjal, seda suurem on tema katkevenivus.
 - Katekeahenemine

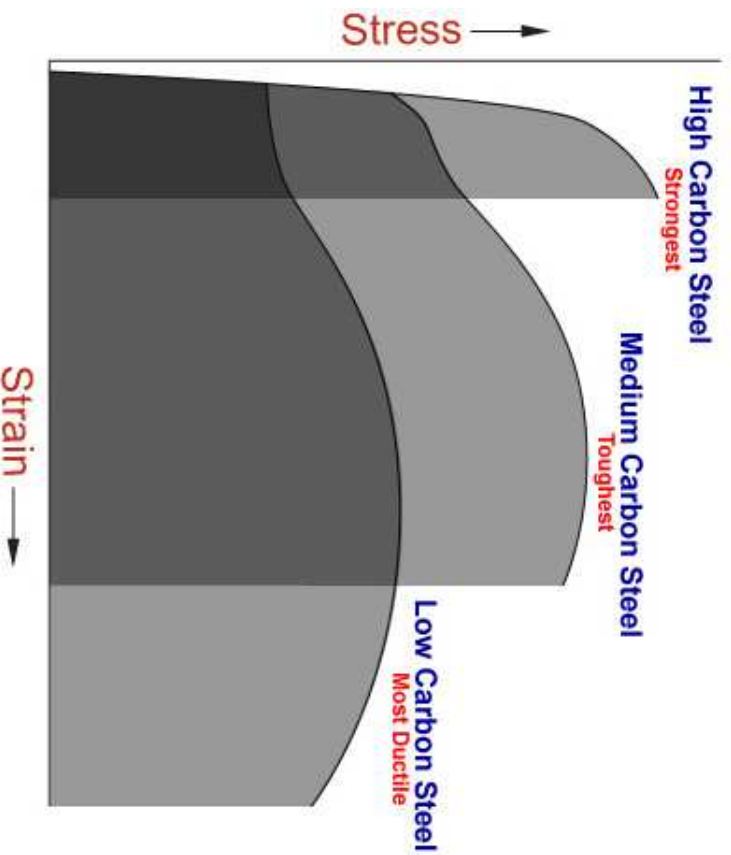
²I. k. Brittle, brittleness

³I. k. Ductile, ductility

⁴Ductility üks võimalikest tõlgetest on sepiatavus

- Sitked⁵ materjalid
 - Sitkus — materjali omadus enne purunemist oluliselt deformeeruda.
 - Mida sitkem materjal, seda rohkem tööd tuleb teha tema purustamiseks.
 - * Mida sitkem materjal, seda suurem on tema tõmbediagrammi aluse pinnala.
 - Sitke materjal ei pruugi olla eriti plastne — ta võib olla ka kõrgelastne, näiteks kummi.
- Tugevus — materjali tugevust iseloomustab tema tõmbetugevus.
- Toodud klassifikatsioon pole üksteis välistav, näiteks on joonisel 7.7 kõige tugevam materjal samal ajal ka kõige hapram.
- Plastsel sitkel materjalil pole alati võimalik eristada selget voolavuspiiri — tinglik voolavuspiir.

⁵I. k. *Tough, toughness*

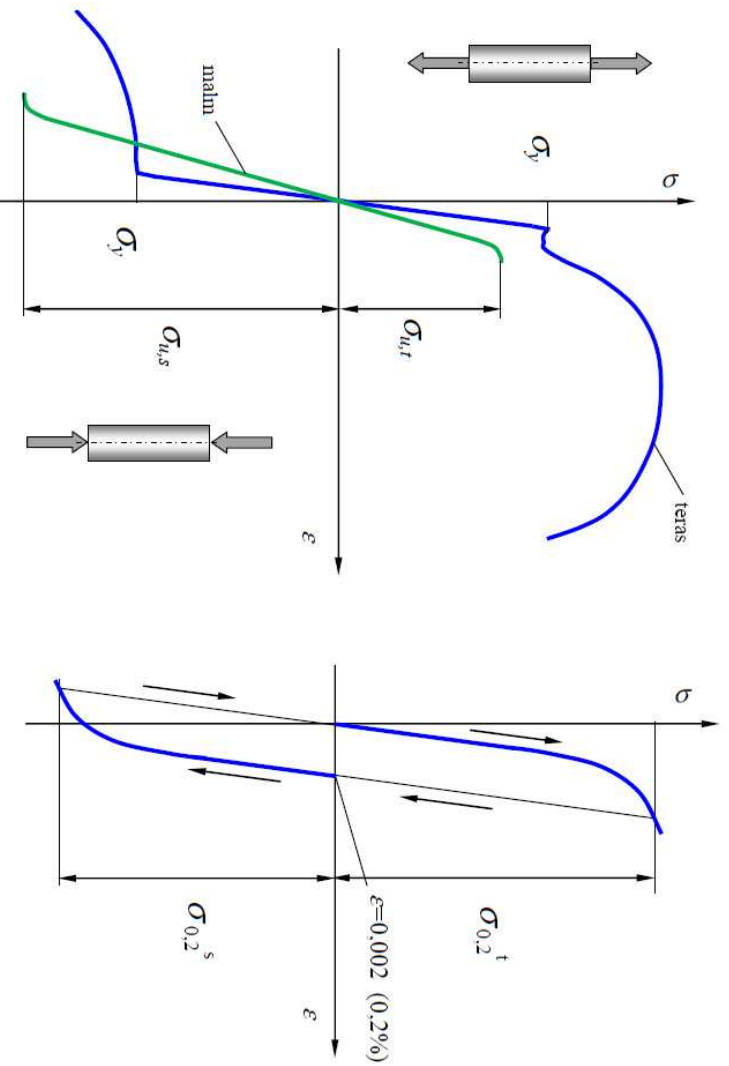


Joonis 7.7: Erineva süsinikusaldusega rauasulamite tõmbediagrammid

7.4 Survekatsed

Materjalide käitumist iseloomustavad tõmbe- ja survegrammid võivad teineteisest oluliselt erineda, vt. joon 7.8.

- Terase voolavuspiir on küll tõmbel ja survele sama, kuid peale voolamist on kõverad erineva kujuga.
 - Tõmbel ristlõige väheneb, surve suureneb
- Malm puruneb tõmbel ja survele erineva pinge korral — tõmbe- ja survetügevused on erinevad.
 - Hapra materjali survetügevus on tavaliselt tunduvalt suurem kui tõmbe tügevus (näiteks hallmalm või betoon).
- Bauschingeri efekt — plastisel deformatsioonil väheneb materjali voollepiir (tinglik voollepiir või elastuspiir) vastassuunas deformeerumisel, vt. joon. 7.8.



Joonis 7.8: Tõmbe- ja survegrammide võrdlus (vasakul) ja Bauschingeri efekt (paremal)