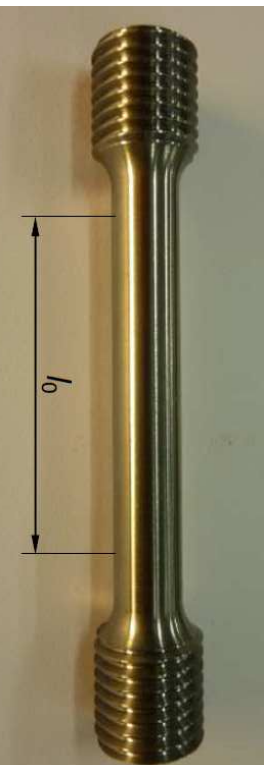


Peatükk 7

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 katsed nimetatakse *teimiks*. Üks võimalikest standardsetest teraskatsekehadest on kujutatud joonisel 7.1¹.



Joonis 7.1: Tõmbekatsel kasutatav katsekeha.

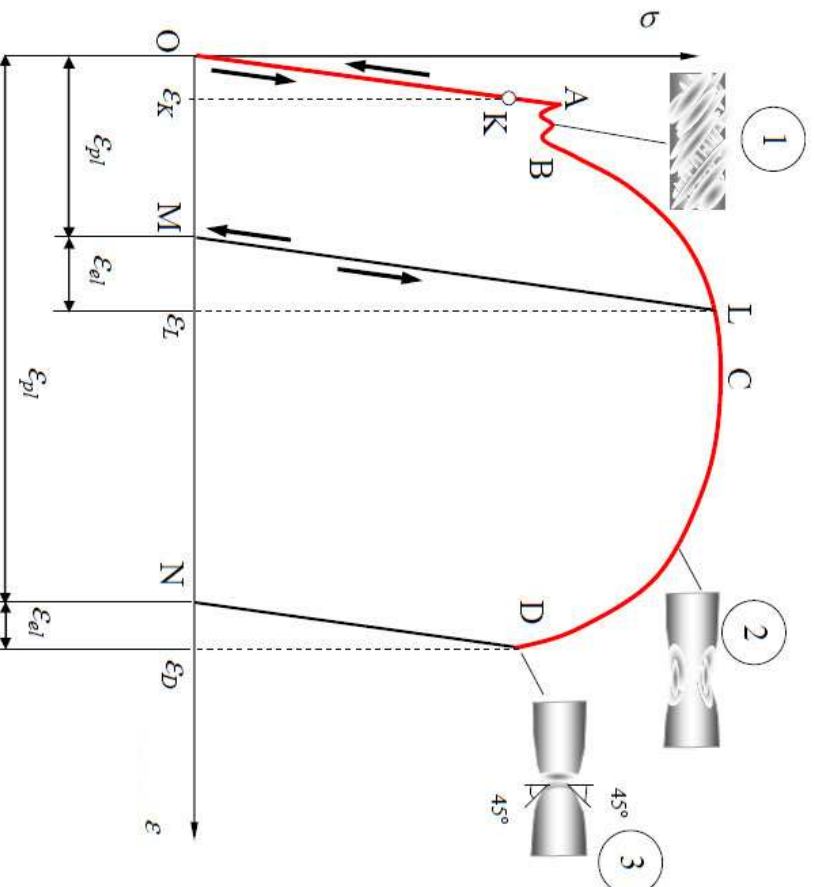
¹Selle peatüki joonised on peamiselt pärit prof. A. Klausoni koostatud õppevahendest.

7.1 Terase tõmbekatsse

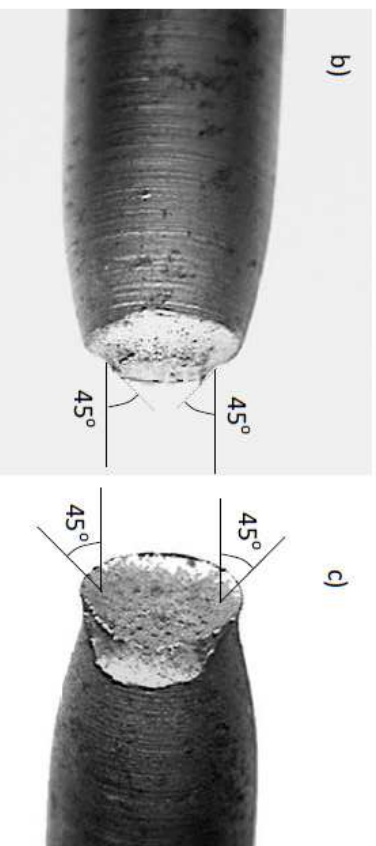
Joonisel 7.2 on kujutatud madala süsinikusaldusega terasest katsekeha tõmbe-diagramm, mis esitab pinge ja deformatsiooni vahelist sõltuvust. Diagrammi võib jagada neljaks piirkonnaks.

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

Tüüpiline terase purunemispilt on esitatud joonisel 7.3.



Joonis 7.2: Terase tõmbediagramm

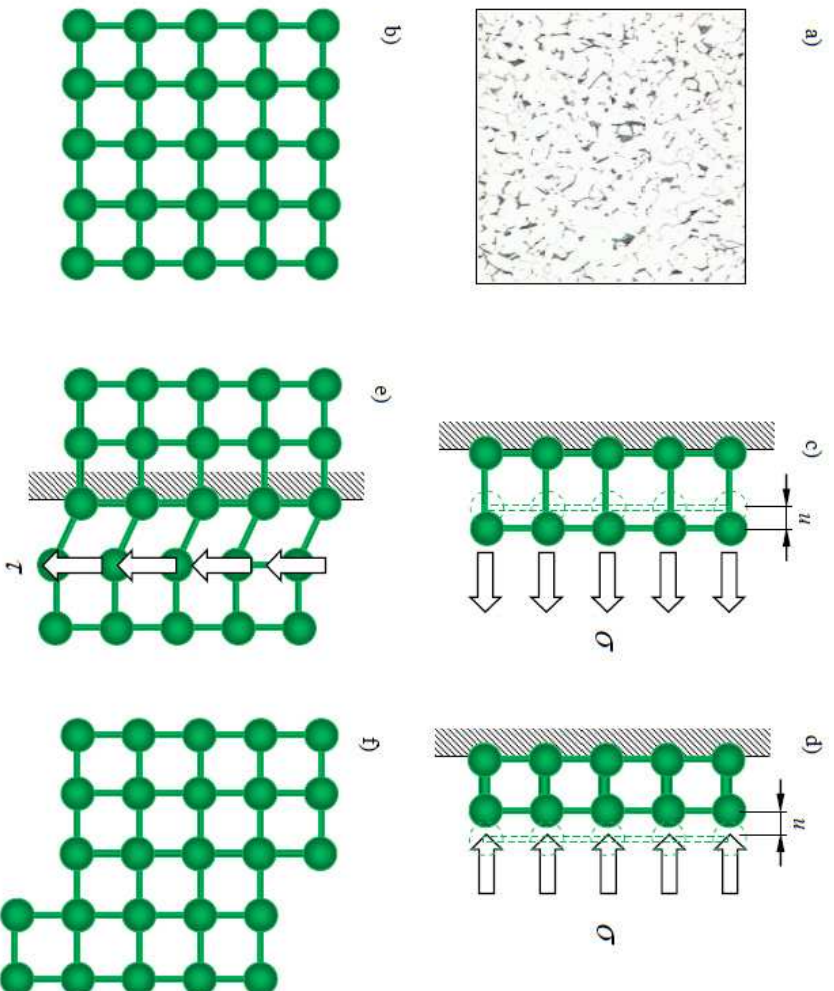


Joonis 7.3:

7.1.1 Deformatsiooni tekkemehanism

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

- a) — madala süsinikusisaldusega terase pinna pilt — 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 nikepurunemine — Lüdersi jooned 45° all — seal on suurimad nihkepinged ja tekkivad jäävad deformatsioonid.
- Jäävate deformatsioonide tekkel mängivad tähtsat rolli ka kristallivõre dislokatsioonid.

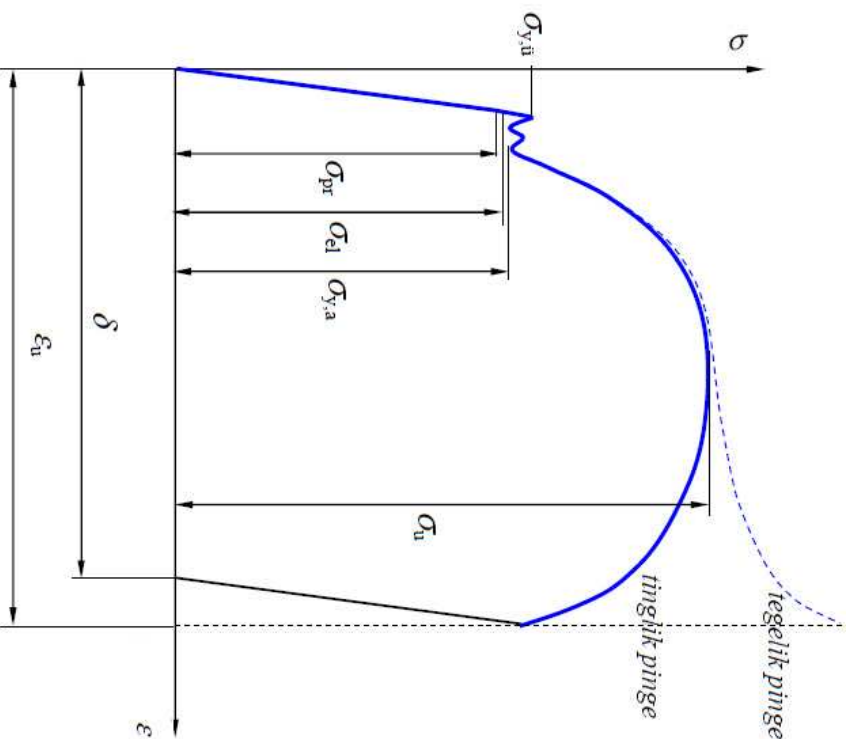


Joonis 7.4: Deformatsiooni tekkemehanism kristalliidis.

7.1.2 Materjali mehaanikalised karakteristikud

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

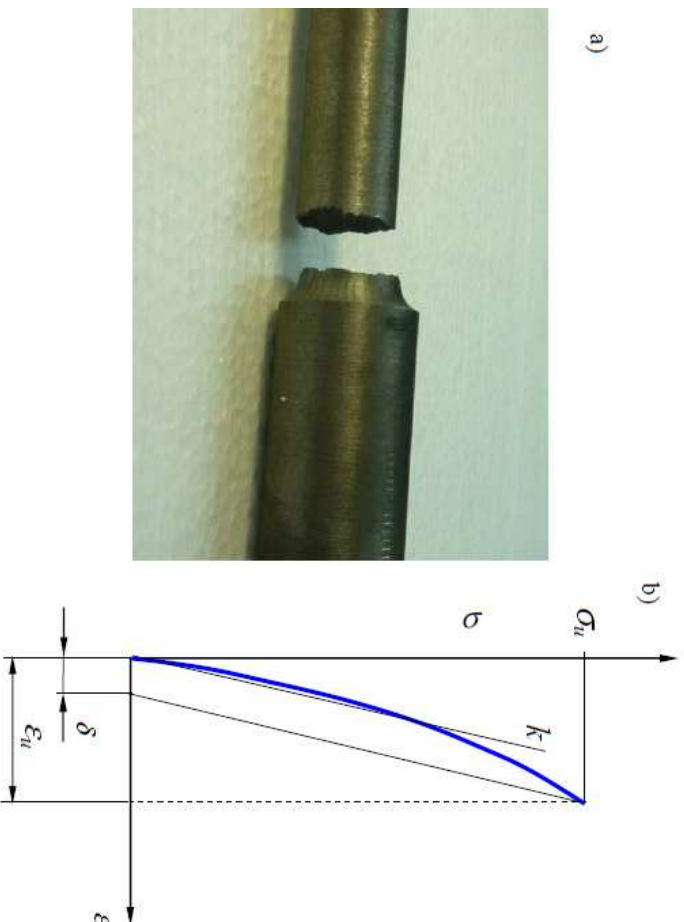
- σ_{pr} — proportsionaalsuspäär — suurim pinge, milleni kehtib Hooke'i seadus
- σ_{el} — elastsuspäär — suurim pinge, milleni materjal praktiliselt ei omanda jäävaid deformatsioone (näiteks jäävad viimase alla 0,05%)
- $\sigma_{y,a}$ ja $\sigma_{y,i}$ alumine ja ülemine voolavuspäär — mõnikord õnnestub määrata vaid üks voolavuspäär σ_y — tinglik voolavuspäär, näiteks $\sigma_{0,2}$
- σ_u — tõmbetugevus — suurim katse jooksul fikseeritud tinglik pinge.
- δ — katkevenivus — katsekehal mõõdetud 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 n. kõõlelastsusmoodul
- Ristlõige praktiliselt ei ahene — tegelik ja tinglik pinge 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, sepiistamisel⁴, traadi tõmbamisel jne.
 - Mida plastsem on materjal, seda suurem on tema katkevenivus.
 - Katkeahenemine

²I. k. Brittle, brittleness

³I. k. Ductile, ductility

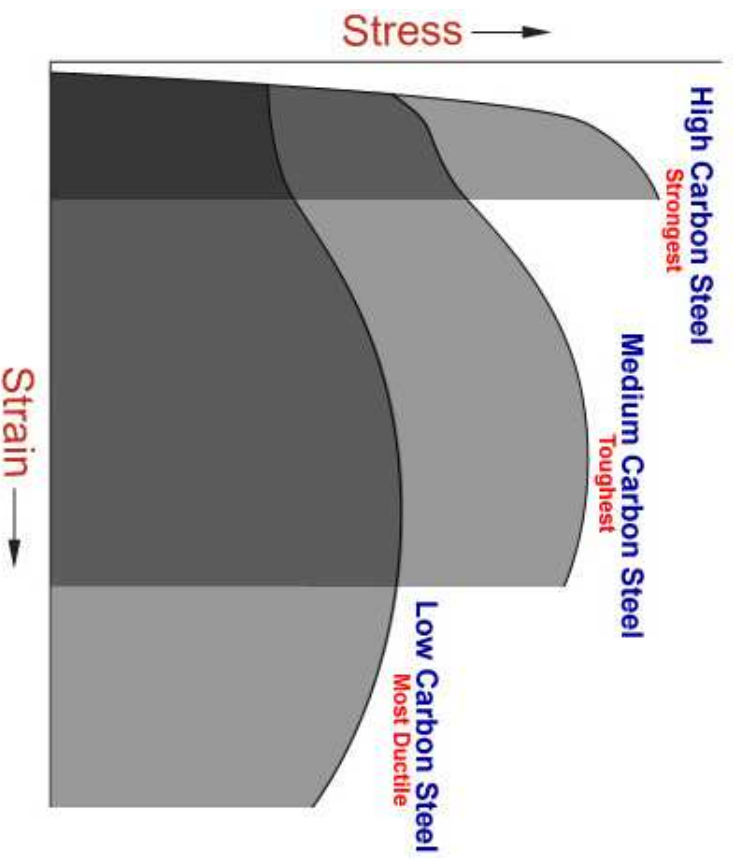
⁴Ductility üks võimalikest tõlgetest on sepiistatavus

- 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 ükssteis välistav, näiteks on joonisel 7.7 kõige tugevam materjal samal ajal ka kõige hapram.
- Plastsel sitkel materjalil pole alati võimalik eristada selget voolavuspääri — tinglik voolavuspääri.

⁵I. k. *Tough, toughness*

7.3. *Hapirus, sitkus, plastsus, tugevus*

7 - 14

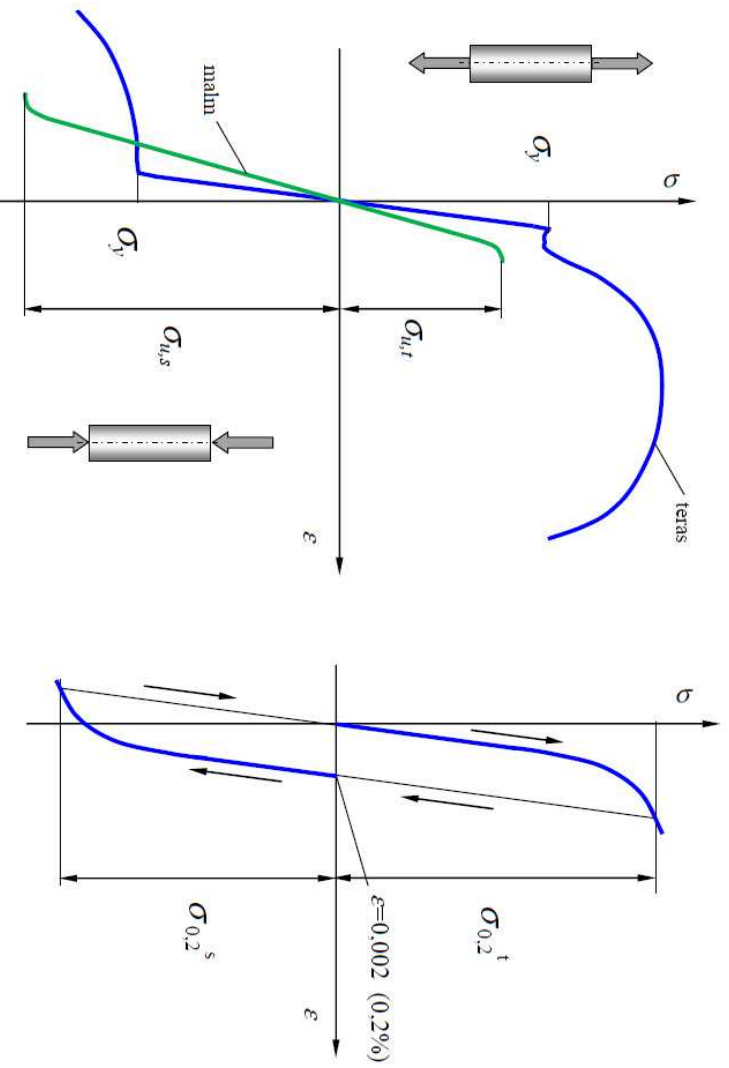


Joonis 7.7: Erineva süsinikusaldusega rauasulamide tõmbediagrammid

7.4 Survekatsed

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

- Terase voolavuspiir on küll tõmbel ja survel sama, kuid peale voolamist on kõverad erineva kujuga.
 - Tõmbel ristlõige väheneb, survel suureneb
- Malm puruneb tõmbel ja survel erineva pinge korral — tõmbe- ja survetugevused on erinevad.
 - Hapra materjali survetugevus on tavaliselt tunduvalt suurem kui tõmbetugevus (näiteks hallmalm või betoon).
- Bauschingeri efekt — plastsel deformatsioonil väheneb materjali voolepiir (tinglik voolepiir või elastsuspiir) vastassuunas deformeerumisel, vt. joon. 7.8.



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