



Szám János

Fémek kézi és kézikisgépes alakítás
Hőkezelések, anyagjellemzők és
azok meghatározása



A követelménymodul megnevezése:

Általános gépészeti technológiai feladatok I. (szerelő)

A követelménymodul száma: 0111-06 A tartalomazonosító száma és célcsoportja: SzT-014-30



FÉMEK KÉZI ÉS KÉZI KISGÉPES ALAKÍTÁSA: HŐKEZELÉSEK, ANYAGJELLEMZŐK ÉS AZOK MEGHATÁROZÁSA

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

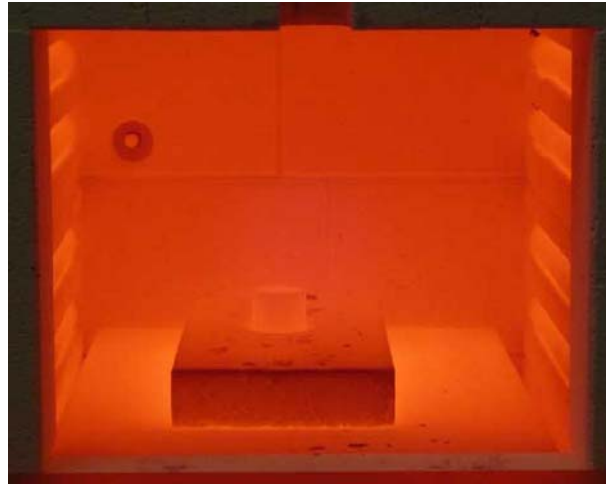
Önnek gyakran kell olyan feladatot megoldania a munkahelyén, amikor a terveken a munkadarab mechanikai, szilárdsági jellemzőire vonatkozó előírások is szerepelnek. Annak érdekében, hogy az elvégzett feladatot az előírt minőségben tudják elvégezni, az alkatrésznek nem csak a geometriai méreteire kell odafigyelni, hanem a munkadarab anyagával kapcsolatos tennivalókra is. Ahhoz, hogy eredményesen végezze el ezeket a feladatokat, meg kell ismerni az ebben a fejezetben leírtakat.

A következőkben az alábbi kérdésekre kapunk választ:

1. Milyen anyagjellemzőket ismerünk, hogyan végzik ezek mérését?
2. Milyen keménységmérési eljárásokat ismerünk?
3. Milyen módszerrel mérhető az anyagok szívóssága?
4. Milyen hőkezelő eljárásokat ismerünk?

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

Bármilyen műveletet is végzünk a napi munkánk során, kapcsolatba kerülünk olyan fémekkel, melyeket könnyű megmunkálni és olyanokkal melyeket nehéz, vagy éppen ezekkel munkáljuk meg a többi fémét. Azt is tapasztalhatjuk, hogy a fémek hő hatására megváltoztatják a tulajdonságaikat, ha egy anyagot megmelegítünk, könnyebben meghajlítjuk, vagy ha nem gondoskodunk megfelelően a csigafúró hűtéséről, és túlmelegszik hamar elveszíti az életét. Ha jól megismerjük a fémek tulajdonságait, és tudjuk, hogy a különböző hőhatásokra milyen változásokkal reagálnak, nagyban megkönnyítheti a napi munkánkat. Amennyiben tudjuk melyik anyaggal hogyan bánjunk a feladatunk elvégzése során nagyban megkönnyítheti a munkánkat, de az is lehet, hogy csak ezeknek az ismereteknek a segítségével tudjuk az előírt feladatot maradéktalanul elvégezni. Ezeknek az ismereteknek az elsajátításához nyújt segítséget ez a fejezet.



1. ábra. Alkatrész hevítése elektromos kemencében

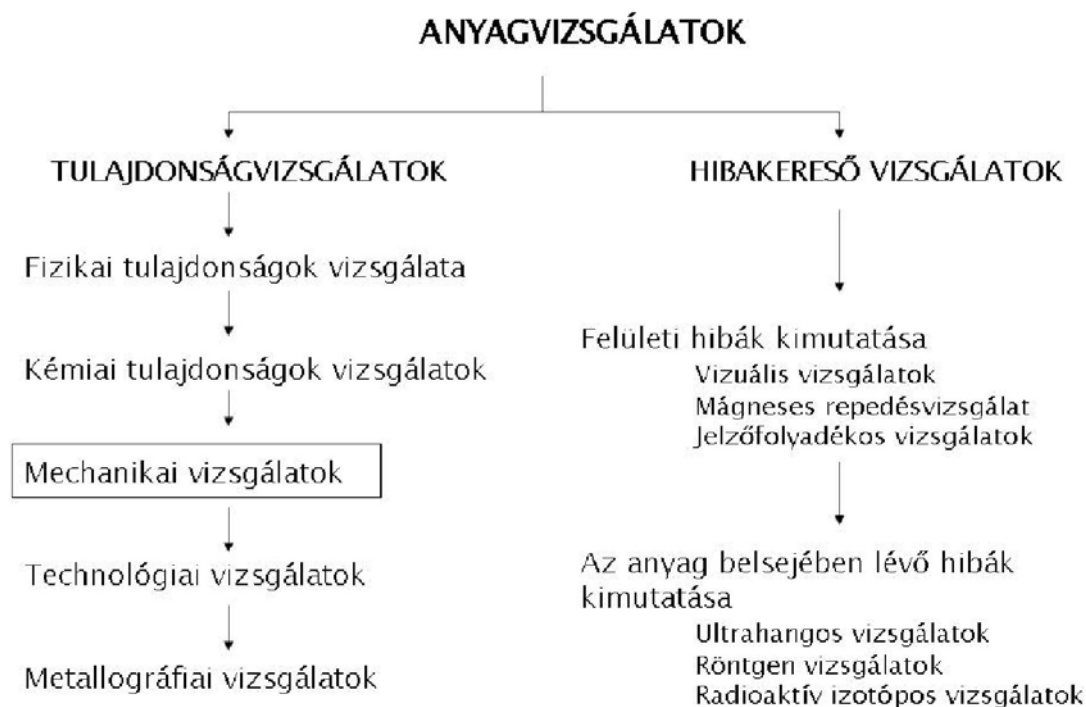
Ennek a fejezetnek az ismeretanyaga szorosan kapcsolódik a **Fémek kézi, és kézi kisgépes alakítása: Anyagismeret/Fémteni alapismeretek:Acélok** című fejezetben szereplő tárgykörhöz. Ebbe a fejezetbe csak akkor kezdjen, ha már jól megértette az említett tananyagrészen foglalt ismereteket. Többször kell majd olyan szakmai kifejezéseket, logikai összefüggéseket használnunk, melyek magyarázatát ott ismertettük. Abban a fejezetben tárgyaltuk már a szakítóvizsgálattal meghatározható mechanikai jellemzőket, azonban a tapasztalatok, kísérletek és a kutatási eredmények bebizonyították, hogy ezeken kívül más anyagjellemzőket is vizsgálnunk kell az alkatrészek, szerkezetek várható igénybevételének megfelelően.

A szakítóvizsgálatnál leírtuk, hogy a szakítási sebesség kicsi, tulajdonképpen a közben fellépő terhelés statikus igénybevételnek tekinthető. Régóta megfigyelték már, hogy dinamikus igénybevételek esetén sokkal kisebb terhelések hatására is bekövetkezik a fémalkatrészek törése, vagy nagy hidegben váratlanul, egészen kis terhelésnél is bekövetkezhet az alkatrész tönkremenetele. Tapasztalták, hogy az egyik anyag hamar elkopik a markolókanál élén, a másik sokkal tovább használható. Vajon milyen módszerekkel, és milyen anyagjellemzőket kell meghatározni ahhoz, hogy ezekre a kérdésekre is válasz tudjunk adni?

1. Az anyagvizsgálatok célja, felosztása

A gépiparban végzett anyagvizsgálatokat két alapvető célból végzik:

1. Az alkalmazott anyagok különböző **tulajdonságainak** (fizikai, kémiai, mechanikai, technológiai, metallográfiai), **és anyagjellemzőinek** a meghatározásának céljából.
2. Az **anyaghibák** kimutatásának céljából



2. ábra. Az anyagvizsgálatok cél szerinti osztályozása

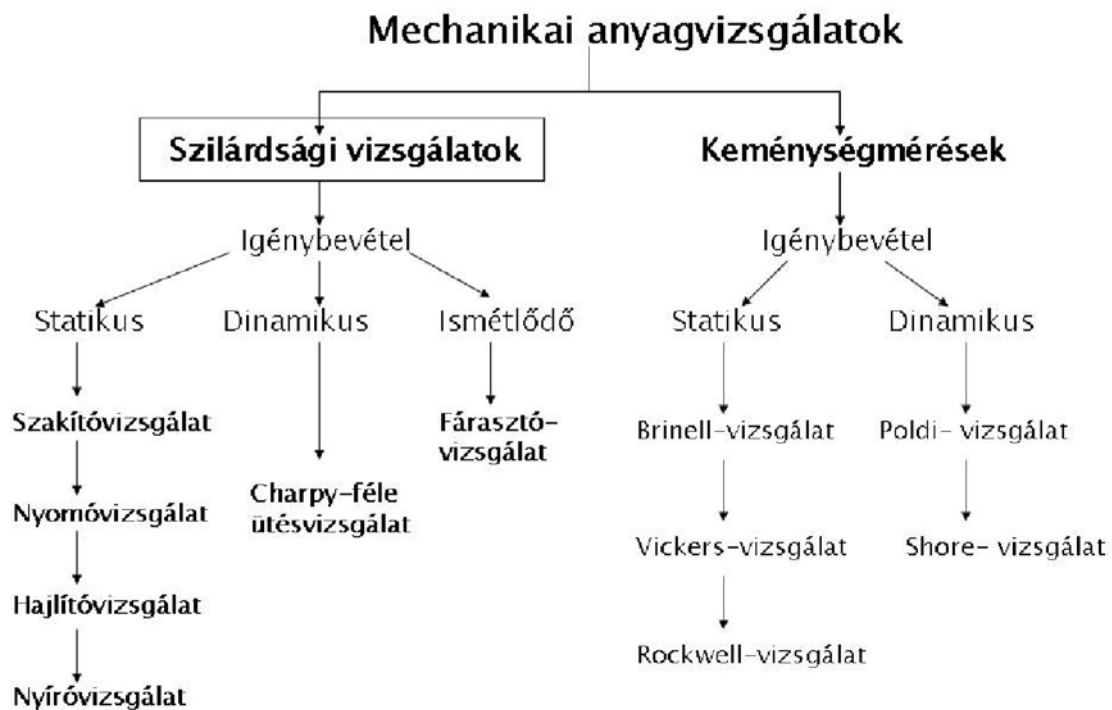
Az anyagvizsgálatok másik csoportosítási szempontja az, hogy a vizsgálat közben roncsolódik-e a vizsgált alkatrész. Ez azt jelenti, hogy a vizsgálat elvégzése után az alkatrész felhasználható marad, vagy a vizsgálat alapján csak arra következtetünk, hogy a többi, ugyanazzal a technológiával gyártott alkatrész is ugyanazokkal a tulajdonságokkal rendelkezik. Ez alapján megkülönböztetünk:

- **RONCSOLÁSOS** anyagvizsgálatokat, többnyire ilyenek a mechanikai és technológiai vizsgálatok, és
- **RONCSOLÁSMENTES** anyagvizsgálatokat, ilyen a hibakereső vizsgálatok nagy része.

2. Mechanikai tulajdonságok

A gépiparban alkalmazott szerkezeti- és szerszámanyagok egyik legfontosabb tulajdonságcsoportja a **mechanikai tulajdonságok**, amelyek tájékoztatást adnak az anyag terhelhetőségéről és a terhelés hatására bekövetkező rugalmas és maradó alakváltozásokról, azok mértékéről.

A **mechanikai anyagvizsgálatok** célja a gépiparban alkalmazott fémes és nemfémes szerkezeti anyagok **mechanikai tulajdonságainak**, anyagjellemzőinek a meghatározása. A vizsgálati módszerek felosztását mutatja a következő ábra.



3. ábra. A mechanikai anyagvizsgálatok felosztása

Az alkatrészeket, szerkezeteket érő terhelések nagysága időben változhat. Ha a terhelést időben állandónak tekinthetjük, akkor statikus igénybevételről van szó, ilyen pl. egy polc terhelése a rajta tartott áru súlya által. Amikor egy köves úton megyünk autóval a kerék, a tengely, a rúgók ismétlődő, kb. ugyanakkora terhelésnek vannak kitéve, amikor pedig belemegyünk egy kátyúba, az alkatrészek egy hirtelen fellépő az előzőkhöz képest sokkal nagyobb terhelést kapnak, de csak rövid ideig. Az igénybevételek időbeli lefolyása szerint tehát három típust különböztetünk meg:

- **Statikus igénybevétel:** ha az igénybevétel időben állandó, vagy csak igen lassan, egyenletesen változik
- **Dinamikus igénybevétel:** ha a terhelés időben változik, hirtelen, ütőszerű, lökészerű
- **Ismétlődő igénybevétel:** ha az igénybevétel időben változik, és sokszor ismétlődik

Az anyagok viselkedése az igénybevételekkel szemben többféle lehet

- képlékeny
- szívós
- rugalmas
- rideg

Minden szilárdsági tervezési folyamat azzal kezdődik, hogy meghatározzák a várható igénybevételeket, és azok várható időbeli lefolyását is. A szerkezetek méretezését a statikus igénybevételekkel szemben a szakítóvizsgálat eredményeire alapozva el lehet végezni. Itt lenne most a helye a szakítóvizsgálat ismertetésének, de mint korábban említettük erről a **Fémek kézi, és kézi kisgépes alakítása: Anyagismeret/Fémtani alapismeretek:Acélok** című fejezetben már tanultunk. Most a további vizsgálati módszereket ismertetjük.

3. Dinamikus vizsgálatok

A dinamikus vizsgálatok egyik legelterjedtebb módja a Charpy-féle ütővizsgálat vagy más néven, ütve hajlító vizsgálat.

A Charpy-féle **ütővizsgálattal** az anyagok **szívós**, illetve **rideg** viselkedését és ezek körülményeit vizsgálják meg.

A vizsgálat megismerése előtt értelmezzünk néhány a témához kapcsolódó alapfogalmat!

Rideg anyagok: azok, amelyek képlékenyen nem alakíthatóak, a törés körülményeitől (pl. a hőmérséklettől) függetlenül mindig ridegen törnek. Ilyenek például az edzett szerszámacélok, az öntvények, az üveg, vagy a kerámia.

Vannak azonban olyan körülmények – mint például a nagyon alacsony hőmérséklet – amikor az egyébként jól alakítható és szívósan viselkedő anyagok is rideggé válnak, ridegen viselkednek. Az anyagoknak a körülmények változásából adódó ridegségét az **anyagok rideg viselkedésének** nevezzük.

A rideg anyagokat nem alkalmazhatjuk dinamikus igénybevételnek kitett alkatrészek (pl. rugók, tengelyek) készítésére. Az anyagok rideg viselkedését, illetve azokat a körülményeket, amelyek hatására az anyag ridegen viselkedik, kell meghatározni. Erre alkalmazzák a különböző hőmérsékletű próbatestekkel elvégzett Charpy-féle ütővizsgálatot.

Jellemző a fémekre, különösen az acélokra, hogy a törésükhöz szükséges munka egy-egy adott hőmérséklet közelében hirtelen lecsökken. ezt a hőmérsékletet nevezzük **átmeneti hőmérsékletnek**, ez fölött az anyag szívósan, alatta ridegen viselkedik. Minél kisebb egy szerkezeti anyag átmeneti hőmérséklete, annál jobban alkalmazható a hidegben (pl. télen a szabadban lehet tartósan -20°C , ahol a repülőgépek szállnak a -50°C sem ritka) üzemelő alkatrészek készítésére.

Rideg töréskor előzetes alakváltozás nélkül az elváló felületek mentén hirtelen és egyszerre felszakadnak a kémiai kötések. Bekövetkezhet terheletlen állapotban is.

A rideg törést elősegíti:

- az anyag alapvetően rideg jellege (üveg, porcelán)
- az igénybevétel nagy (dinamikus) sebessége
- többirányú feszültséget okozó terhelés

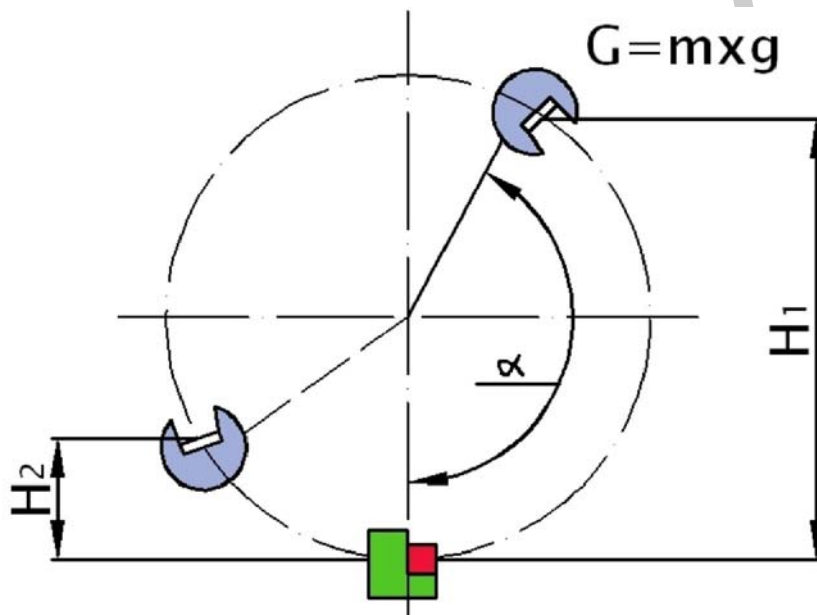
FÉMEK KÉZI ÉS KÉZI KISGÉPES ALAKÍTÁSA: HŐKEZELÉSEK, ANYAGJELLEMZŐK ÉS AZOK MEGHATÁROZÁSA

- a felület egyenetlenségei, a rossz felületminőség
- hirtelen méretváltozások, éles sarkok, bemetszések
- a terhelés gyakori ismétlődése
- az alacsony hőmérséklet

A szívós törést nagy, képlékeny alakváltozás előzi meg és az anyagon belüli inhomogenitásból vagy anyaghibából indul ki.

A CHARPY-FÉLE ÜTŐVIZSGÁLAT

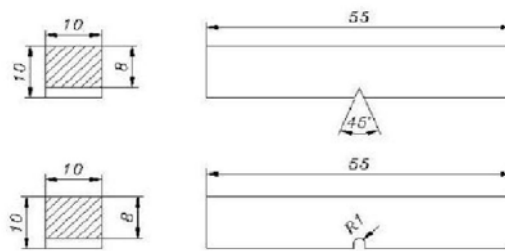
A Charpy-féle ütve hajlító vizsgálat egy szabványosított vizsgálat, amelynek során a bemetszett próbatestet az **ingás ütőmű** egyetlen ütésével eltörünk. A bemetszett próbatest elhelyezését és a vizsgálat elvét a 4. ábrán tanulmányozhatjuk.



4. ábra A Charpy-féle ingás ütőmű, és az ütővizsgálat elve

A próbatest általában szabványos kialakítású, 10x10x55mm nagyságú, V vagy U bemetszésű. A bemetszést annak érdekében készítik, hogy a próbatest a bemetszésnél törjön el, a kalapácsfejnek a bemetszéssel ellenkező oldalon kell a próbatestre ütnie. A mérés elve a következő:

A kalapácsfejet felemeljük a H_1 magasságba és rögzítjük lezuhanás ellen. Elhelyezzük a próbatestet a támasztékokon, majd oldjuk a kalapácsfejet rögzítő kart. A kalapácsfej helyzeti energiája az alsó holtpontra érkezve ugyanakkora mozgási energiává alakul át. Ezután ahogy ráüt a próbatestre, elveszíti azt az energiamennyiséget amekkora a próbatest eltöréséhez szükséges. Ennyivel kevesebb mozgási energiával lendül tehát tovább. Ahogy emelkedik a H_2 magasságra, mozgási energiája átalakul helyzeti energiává. De csak a H_2 magasságra lendült fel, tehát a próbatest eltöréséhez $E = m \cdot g \cdot (H_1 - H_2)$ energiát veszített el. Ennyi energiát (másképpen munkát) emésztett fel a próbatest eltörése.



5. ábra. V és U bemetszésű próbatest a Charpy-féle ütővizsgálathoz



6. ábra. Charpy-féle ütőmű

A vizsgálattal a következő jellemzők határozhatók meg:

- a próbatest eltöréséhez szükséges **ütőmunka**
- a próbatestre (ill. az anyagára) jellemző **fajlagos ütőmunka**
- a próbatestre (ill. az anyagára) jellemző **átmeneti hőmérséklet** (más-más hőmérsékletű próbatestekkel elvégzett vizsgálatsorozattal)

Az **ütőmunka** KV [J] (*Joule, ejtsd: dzsúl*) (V bemetszésű próbatest) vagy KU [J] (U bemetszésű próbatest) a próbatest eltöréséhez szükséges munka, amely az ütőkalapács tömegéből és a magasságkülönbségből számítható ki

Minél nagyobb az anyag ütőmunkája, annál nagyobb energia kell az eltöréséhez, tehát annál szívósabb.

$$KV = m \cdot g \cdot (H_1 - H_2); \text{ vagy } KU = m \cdot g \cdot (H_1 - H_2) \text{ [J]}$$

A fajlagos ütőmunka: KCV vagy KCU [J/m^2] vagy [J/cm^2] a próbatest eltöréséhez felemészített ütőmunkát a tényleges törött keresztmetszetre vonatkoztatva adja meg.

$$KCV = \frac{KV}{S} \quad \text{vagy} \quad KCU = \frac{KU}{S}$$

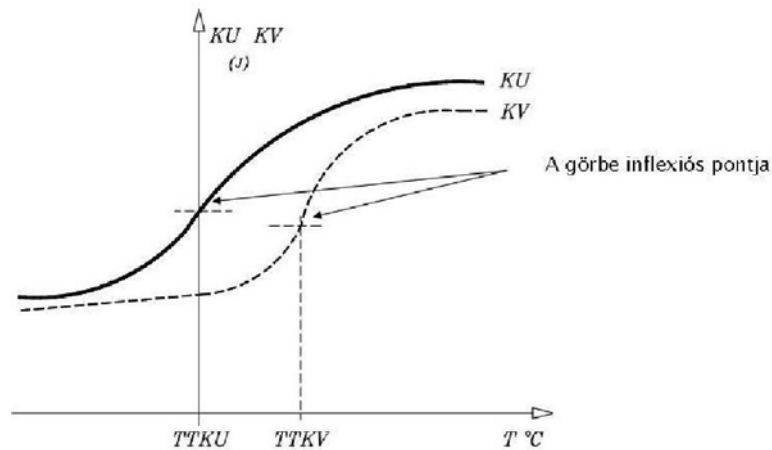
Az ütőmunka vagy fajlagos ütőmunka értéke a szívósan viselkedő anyagok összehasonlítására, szívóssági sorrendbe állítására alkalmas, tapasztalatok alapján írják elő szükséges mértékét az egyes szerkezetek méretezésénél.

A katasztrófák hívták fel a figyelmet arra, hogy az előírt anyagjellemzőkkel (szakítószilárdsággal, folyáshatárral) rendelkező szerkezetek, gépalkatrészek (pl. hidak, hajók, tartályok, tengelyek) különböző tényezők hatására mégis károsodhatnak, törhetnek. Az egyik ilyen külső tényező a hőmérséklet.

Az átmeneti hőmérséklet [TTKV, TTKU ($^{\circ}\text{C}$)] az anyagok ridegtörési hajlamának a jellemzésére szolgál. Az adott anyagminőség adott körülmények között az átmeneti hőmérséklettől kezdődően és annál alacsonyabb hőmérsékleten ridegen viselkedik.

Minél alacsonyabb az anyag átmeneti hőmérséklete, annál nagyobb a ridegtöréssel szembeni ellenállása.

Az átmeneti hőmérséklet meghatározására a szabványos Charpy-féle V vagy U bemetszésű azonos anyagból készült próbatesteket különböző hőmérsékleteken törnek el, majd a hőmérséklet függvényében ábrázolják az ütőmunka változását (7. ábra). Az átmeneti hőmérséklet (TTKV vagy TTKU) leolvasható a görbe inflexiós pontjához vagy egy megadott ütőmunka értékhez tartozó hőmérséklet leolvasásával. Ez utóbbi esetben az átmeneti hőmérsékletet az ütőmunka feltüntetésével adjuk meg, például a TTKV41J. A vizsgálat az anyagok összehasonlítására, ridegtörési hajlamuk rangsorolására alkalmas. Annyi a két görbéből egyértelműen megállapítható, hogy a V bemetszésű próbatest eltöréséhez kevesebb munka kell, vagyis a bemetszés alakja (az éles sarok) hatással van a szívósságra.



7. ábra. Az átmeneti hőmérséklet meghatározása a felvett görbe alapján

FÁRASZTÓ VIZSGÁLATOK

A tapasztalatok szerint a gépek, berendezések szerkezeti elemei, alkatrészei a nagyszámú, ismétlődő igénybevétel hatására a folyáshatárnál kisebb feszültség esetén is eltörnek, tönkremennek. A jelenség az anyag kifáradásával magyarázható, és a kísérletekkel megállapították, hogy létezik egy határ mely alatt nem tapasztalható az alkatrészek tönkremenetele:

Kifáradási határfeszültség (σ_{KH}): az a legnagyobb feszültség, amelyet az anyag elvben végtelen sokszor kibír.

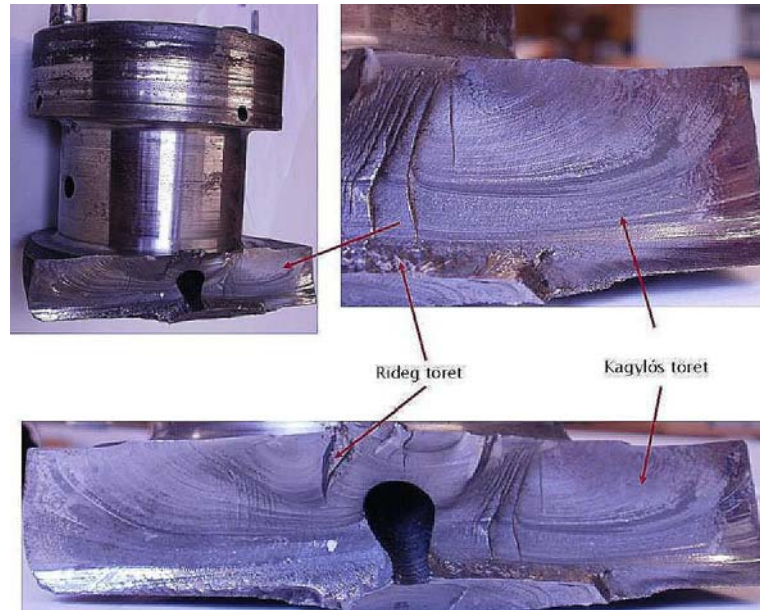
A kifáradási határfeszültséggel tehát az anyag elvben végtelen sokszor terhelhető. A gyakorlatban a terhelésnek egy véges ismétlődési számát (N) adják meg, amely esetén a törésnek nem szabad bekövetkeznie. Például az acélok esetén $N = 10^7$. nézzük, hogyan következik be a fáradásos törés:

A fáradásos törés kialakulásának szakaszai:

- mikrorepedés alakul ki,
- az ismétlődő igénybevételek hatására tovább terjed a repedés és lecsökken az alkatrész teherviselő keresztmetszete
- a lecsökkent keresztmetszet nem bírja a terhelést, és bekövetkezik a ridegtörés

A kifáradást elősegítik a következő tényezők:

- a terhelés ciklusosan ismétlődő jellege
- az alapanyag durva szemcseszerkezete,
- a feszültséggyűjtő helyek: éles sarkok, hirtelen keresztmetszet-változások
- anyaghibák: folytonossági hiányok, zárványok
- az anyag felületi érdessége



8. ábra. Fáradásos törési felület egy alkatrészen

Ahol a repedés keletkezett, ott az egymással szemben lévő anyag a vibráció hatására kifényesedett, az érdes keresztmetszet az amelyik végül a törés bekövetkezésekor tört el. Ha egy tönkrement alkatrészen, valahol a szélén sima, kifényesedett felületrész látszik, akkor a törés biztosan anyagfáradás miatt következett be.

4. Technológiai vizsgálatok

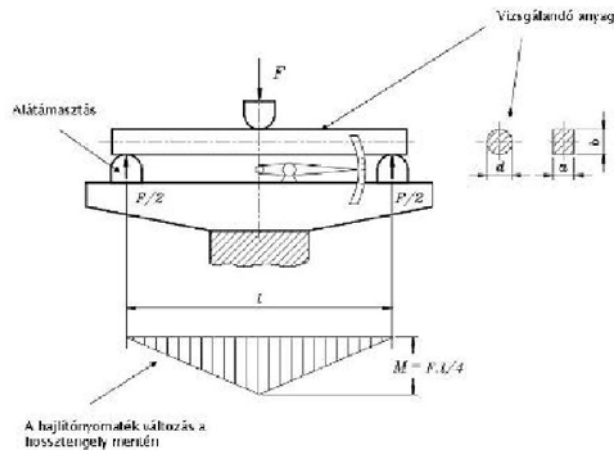
Amikor az alkatrész, vagy anyag várható feszültségállapota nagyon összetett, és ez miatt nehezen határozható meg számítással, az adott feldolgozási módszerre, technológiára hasonló, úgynevezett technológiai vizsgálatokat végeznek. A két legszélesebb körben alkalmazott technológiai vizsgálat, az anyagok alakíthatóságára vonatkozó alkalmasságát vizsgálja.

- Hajlító vizsgálat
- mélyhúzási próba (ismert nevén Erichsen-próba)

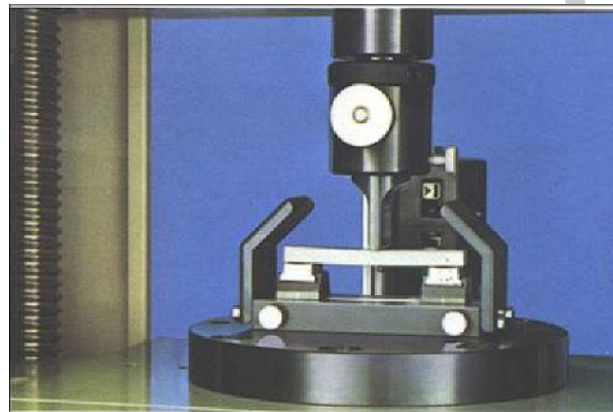
HAJLÍTÓVIZSGÁLAT

A hajlító vizsgálatnál az anyagok hajlító igénybevétellel szembeni ellenállását vizsgáljuk.

A hajlító vizsgálatot elsősorban rideg anyagok esetén alkalmazzák. A vizsgálat folyamán a próbatestet kéttámaszú tartóként két legömbölyített, élszerű alátámasztás között párhuzamosan és középen elhelyezett él mentén kell törésig terhelni. A törőerőből, a támaszok távolságából és a keresztmetszeti tényezőkből számítható ki a hajlítószilárdság, Jele: R_{mH} [MPa]



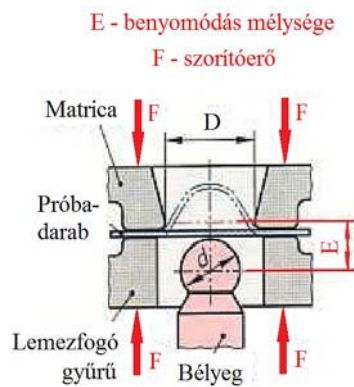
9. ábra. A hajlítóvizsgálat elvi vázlata



10. ábra. A hajlító vizsgálat végrehajtása

AZ ERICHSEN-PRÓBA

Az Erichsen próbával lágy lemezek alakíthatóságát vizsgálják. A vizsgálandó lemezt egy gyűrűvel leszorítják, és egy 25mm átmérőjű golyót nyomnak bele. A vizsgálatot addig folytatják, amíg a lemez fel nem reped. A vizsgálat eredménye az úgynevezett Erichsen-szám, ami azt a mélységet jelenti amennyire a golyót a repedés bekövetkezéséig a lemezbe lehetett nyomni. Az eredmény tulajdonképpen az egyes lemezminőségek összehasonlítására szolgál, a tapasztalatok alapján ezzel a vizsgálattal megbízhatóan jellemezhetők a vékony bonyolult lemezalkatrészek számára gyártott alapanyagok. A következő ábrákon a vizsgálat elvi vázlata látható, és egy vizsgálógép, és a vizsgálat eredménye.



11. ábra. Erichsen-próba elvi vázlata



12. ábra. Berendezés az Erichsen-próbaéhoz és a vizsgálat eredménye

5. A fémek tulajdonságainak megváltoztatása hőkezeléssel

Azok a tulajdonságok melyeket az eddigi fejezetrészen megismertünk azért nagyon fontosak mert régi tapasztalata az a fémekkel foglalkozó szakembereknek, hogy a munkadarabok jellemző tulajdonságai hevítéssel, egy adott hőmérsékleten történő hőntartással, és lassú vagy gyors hűtéssel nagymértékben megváltoztatható. Ezeket az eljárásokat nevezzük **hőkezelésnek**. A különböző hőkezelési eljárások céljai az alábbiak lehetnek:

- Az anyag lágyítása abból a célból, hogy jól alakítható legyen,
- Az anyag lágyítása abból a célból, hogy jól forgácsolható legyen,
- Az anyag szemcseszerkezetének egységessé változtatása a nagymértékű képlékenyalakítással okozott változások miatt,

FÉMEK KÉZI ÉS KÉZI KISGÉPES ALAKÍTÁSA: HŐKEZELÉSEK, ANYAGJELLEMZŐK ÉS AZOK MEGHATÁROZÁSA

- Az anyagban a különböző műveletek (pl. hegesztés) során keletkezett belső feszültségek csökkentése,
- Az anyag szilárdságának növelése, hogy növekedjen a terhelhetősége,
- Az anyag szemcseszerkezetének finomítása, hogy az alkatrész szívós legyen,
- Az alkatrész keménnyé változtatása, hogy az alkatrész kopásálló legyen,
- Az alkatrész felületének, vagy a felület egy részének keménnyé változtatása, hogy az alkatrész kopásálló legyen,

A következőkben megismerkedünk azokkal a hőkezelési eljárásokkal, melyek ezeknek a céloknak a megvalósítása érdekében fejlesztettek ki:

A hőkezelés olyan eljárás, mely a munkadarabok alakját és méretét számottevően nem változtatja meg.

A hőkezelés lényege

Az acélt a hőkezelés hőmérsékletére hevítjük, egy ideig ezen tartjuk, majd meghatározott sebességgel hűtjük, így a hőkezelés három műveletből áll:

Hevítés

A felhevítés különböző módon és sebességgel történhet. Végezhető helyileg vagy a darab teljes hevítésével. Sok esetben elő kell írni a hevítés sebességét is, mert kezdetben csak a munkadarab felülete melegszik, így belső feszültségek keletkeznek, ami repedést okozhat. A hevítő eszköz lehet kemence, hevítő-égő, ellenállás-hevítés, indukciós hevítés.

Hőntartás

A hőntartási idő függ a munkadarab geometriai méreteitől, és értékét úgy kell megválasztani, hogy elegendő legyen a hevítés hatásának eléréséhez.

Hűtés

A hűtés különböző közegben, különböző sebességgel történhet. A szokásos hűtési módszerek a következők:

- A munkadarabot a kemencével együtt hűtik;
- Hűtőgödörben hamuba, homokba ágyazva;
- Folyadékban, mely lehet víz, különböző oldatok, növényi és ásványolajok (a gőzfejlődés miatt a munkadarabot hűtés közben mozgatni kell, vagy a folyadékot kell áramoltatni).

Hőkezelő eljárások

Céljukat tekintve a hőkezelő eljárások három fő csoportba sorolhatók:

Izzítási műveletek

Célja az anyag szemcséinek finomítása, egyneművé tétele, az alakíthatóságnak vagy forgácsolhatóságnak a javítása. Hevítésből, hosszabb vagy rövidebb hőntartásból és lassú vagy mérsékelt lehűtésből áll. Izzítási módszerek:

- Feszültségcsökkentés
- Lágyítás
- Újrakristályosítás
- Normalizálás
- Diffúziós izzítás
- Öregítés

Feszültségcsökkentés

A művelet célja az előző alakító műveletek, különösen a hidegalakítások, valamint a hegesztés után a munkadarabban visszamaradó feszültségek csökkentése. A kezelést 180–650°C között végezzük. A munkadarabot lassan hevítjük, majd 1–5 órán át hőntartjuk, ezt követően lassan, egyenletesen hűtjük. Minél nagyobb a hőmérséklet és minél lassúbb a hűtés, annál jobban csökkennek a feszültségek.

Lágyítás

Célja az acél keménységének csökkentése és az alakíthatóságának fokozása. A munkadarabot lassan hevítjük 680–720°C közé, majd 4–8 órán át hőntartjuk, ezt követően többnyire kemencében, lassan hűtjük. Az anyag annál jobban kilágyul, minél lassúbb a hűtés. A lassú hűtésnek legalább 400–500°C-ig kell tartani, ezután már szabad levegőn is végezhető.

Újrakristályosítás

Célja a hidegen alakított és keményedett anyag keménységének csökkentése, a belső feszültségek megszüntetése és az alakított, deformálódott szemcsék újrakristályosítása. 400–720°C között végezzük, a hőntartási idő 2–5 óra. A kemencéből kivett munkadarabot szabad levegőn hűtjük.

Normalizálás

Célja az öntött vagy melegen alakított (kovácsolt), acélok szemcseszerkezetének egyenletessé tétele, finomítása, valamint megszüntetjük a hideg vagy meleg alakításból maradt feszültségeket. A munkadarabot ausztenitesítési hőmérsékletre hevítjük, hőntartjuk addig, amíg teljes keresztmetszetben felveszi a hőmérsékletet, majd nyugvó, áramlástól mentes levegőn, a kritikusknál jóval kisebb sebességgel lehűtjük.

Diffúziós izzítás

Az acélokban lévő ötvözőelemek öntés után, a kristályosodás folyamán nem egyenletesen válnak ki, hanem egyes szemcsék több, mások kevesebb ötvözőt tartalmaznak. Más az ötvözőelemek sűrűsége az öntvény középső és szélső rétegeiben. A diffúziós izzítás célja a koncentráció-különbségek megszüntetése, az acél egyneműsítése, homogenizálása. Az izzítást a dermedéspontnál 100–150°C-kal alacsonyabb hőmérsékleten végzik. A hőtartás időtartama az acél összetételétől és legfőképpen a szelvényméretétől függ, 8 órától több napig is tarthat. A lehűtést lassan, kemencével együtt végzik.

Edzési, nemesítési műveletek

Célja az acél szövetszerkezetének martenzitté alakítása. Az edzés csak akkor végezhető el, ha az acélban elegendő mennyiségű széntartalom van. Az edzés során a szénatomok "beszorulnak" a kristályrácsokba, amikor az ausztenit a hűtés során átalakul térközepes kristállá. Ez a folyamat csak akkor játszódik le, ha a hűtés sebessége meghalad egy, az adott ötvözetre vonatkozó, úgynevezett **kritikus hűtési sebességet**. Minél nagyobb az acél széntartalma, annál lassabb hűtés elegendő az edződéshez. Nagy széntartalmú acélok ($C > 1,2\%$) fúvott levegőben képesek az edződésre. A 0,25% széntartalomnál kevesebb szént tartalmazó acélok nem edzhetők, mert nincsen olyan hűtőközeg, amellyel a kritikushoz gyorsabban tudnánk a hűtést elvégezni.

Az edzés a átalakulás hőmérséklete fölé történő hevítésből, hőtartásból (ausztenitesedés befejeződéséig) és a kritikus lehűtési sebességnél gyorsabb lehűtésből áll. Az edzett acél nagyon kemény, de egyben rideg anyag, tele van belső feszültségekkel, melyet csökkenteni kell.

Megeresztés

Célja az edzett acél szívósságának fokozása, és a belső feszültségek megszüntetése. Az erősen igénybevett szerszámokat, gépalkatrészeket edzés után további hőkezelésnek kell alávetni. Ezt az edzés utáni hőkezelést megeresztésnek nevezzük. Az edzéssel és a megeresztéssel együtt az acél nagy keménységet és egyben szívósságot is biztosítunk. Az edzett acélt felhevítjük, meghatározott ideig hőtartjuk, majd lehűtjük. A keménység annál jobban csökken, minél magasabb a megeresztési hőmérséklet, és minél hosszabb a hőtartás ideje.

Az alacsony hőmérsékletű megeresztés hőmérséklete 180–220°C, feladata a belső feszültségek csökkentése, a keménység csökkenése nélkül.

A magas hőmérsékletű megeresztést **nemesítésnek** nevezzük, a kezelés hőmérséklete 450–650°C, időtartama legalább 2 óra. Az acél szívóssága nagymértékben növekszik, de nem csökken jelentősen a szakítószilárdság és a keménység.

Felületi kérgesítő eljárások

Azokat az eljárásokat, amelyeknek az a célja, hogy a felületen kopásálló, viszonylag kis mélységű kemény réteg alakuljon ki, miközben a mag szívós marad, **kérgesítő eljárásoknak** nevezzük. Alapvetően két csoportra oszthatók, az egyik esetben az alapanyag összetétele alapján alkalmas az edződésre, a másik eljárástípusnál valamilyen módszerrel megváltoztatjuk a kéreg összetételét, hogy alkalmassá váljon az edzésre.

A felületi edzés előkezelést nem igénylő eljárások az alábbiak:

Láingedzés

A munkadarab felületi rétegét edzési hőmérsékletre hevítik, majd gyorsan lehítik. A felületi réteg hevítését gyorsan kell végezni, különben a mag is felmelegedne. A gyors hevítést nagy hőmérsékletű oxigén-acetilén gázlánggal végzik. Amikor a felületi réteg eléri az edzési hőmérsékletet, vízszugárral lehítik. Nagyméretű alkatrészeknél alkalmazzák, mert kis a keresztmetszetű anyag teljesen áthevülne. A rétegvastagság 3–5 mm közötti lehet, a munkadarabokat a kezelés után 150–200 °C-os megeresztésnek kell alávetni.



13. ábra. Láingedző berendezés, a lánggyűrű alatt van a hűtőzuhany

Indukciós edzés

Az edzhető alapanyagú munkadarab felületi rétegét nagyfrekvenciájú indukált árammal hevítjük edzési hőmérsékletre, és utána vízzel gyorsan hűtjük. Az eljárás segítségével a felület a kívánt mélységben gyorsan az edzési hőmérsékletre hevíthető. Középfrekvenciás (2,5–10 KHz) edzőgépekkel 2–4 mm-es kéreg edzhető, a nagyfrekvenciás (100 KHz) gépekkel 1–3 mm-es. Az induktorokat rézcsőből készítik a munkadarab alakjához igazodóan, 2–10 mm légréssel, belsejükben hűtővíz áramlik. Az edzőzuhanynak nem kell nagyon pontosan a munkadarab alakjához igazodnia. Az edzést követően 150–180 °C-os megeresztésnek kell követnie.



14. ábra. Tengely indukciós edzése

Betétedzés

Betétedzésre alacsony széntartalmú (0,1–0,2%), és ez miatt nem edzhető acélokat használunk. A munkadarab felületi rétegében a széntartalmat megnöveljük, így kialakul egy olyan réteg, amely edzéskor már edződésre képes, és az edzés után kemény és kopásálló lesz.

A betétedzés két műveletből áll:

- **cementálás**, vagy régebbi elnevezésén **szenítés** (a kéreg szénrel való dúsítása);
- **edzés** és 150–200 °C-on történő feszültségmentesítő megeresztés.

A kéreg szénrel történő dúsításának módszerei:

Szilárd közegű cementálás: A munkadarabot acélból készült dobozba helyezzük, és cementáló szemcsébe (faszénpor, kokszipor) ágyazzuk. A dobozt légmentesen lezárjuk, és kemencébe helyezzük. A kemencében 860–930°C között izzítjuk. Minél nagyobb a hőmérséklet, annál nagyobb lesz a réteg széntartalma. Legalább 0,3mm legfeljebb 1,5mm mélységű és 0,7–0,9% széntartalmú kérget hozunk létre. Az előírt ellenőrzésre próbatestet alkalmaznak. A szén diffúziója kb. 4 óra elteltével kezdődik meg, ezt követően óránként 0,1mm-el nő a szénrel dúsult kéreg vastagsága.



15. ábra. Munkadarab becsomagolása a szilárd cementáló közegbe, és a doboz kihúzása a kemencéből a szénítés után

Folyékony közegben történő cementálás: Folyékony közegben (kálium- vagy nátriumcianid), 900°C-on a szénatomok az acél felületi rétegébe diffundálnak. Az eljárásnál gyorsabban nő a rétegvastagság, de a cementáló folyadék erősen mérgező és drága.

Gáznemű közegben való cementálás: A munkadarabot légmentesen lezárt kemencébe helyezik, és olyan gázokat engednek be, melyek elbomlanak, és bomlásuk közben szénatomok válnak szabaddá, melyek bediffundálnak a felületbe. A réteg növekedési sebessége a szilárd közegű cementálással azonos, de nem kell a munkadarabok ki- és becsomagolásával bajlódni. A leggazdaságosabb eljárás.

Az edzés módszerei:

Kevésbé igénybevett alkatrészt a cementálási hőmérsékletről közvetlenül hűtjük. Ilyenkor durvább szemcséjű, és törékenyebb lesz a munkadarab.

Szigorúbb előírásoknál, dinamikus erősen igénybevett alkatrészeket a cementálási hőmérsékletről lassan lehűtjük, majd ismételt hevítés után eddük. Így finomabb lesz az alkatrész magjában az acél szemcseszerkezete, nagyobb lesz a szívóssága.

Nitridálás

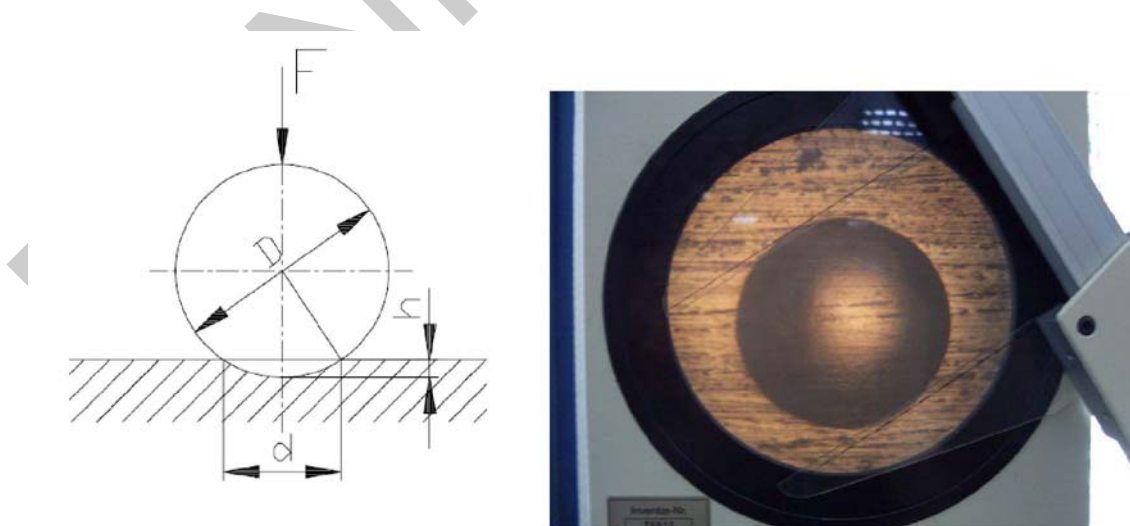
A nitridálás során nem szenet, hanem nitrogént juttatunk a felületi kéregbe. A nitridálást nitrogént leadó gázban (ammónia NH_3) vagy sófürdőben $500\text{--}560^\circ\text{C}$ -on végzik. A nitrogén behatol az acél felületi rétegeibe, és minden további hőkezelés nélkül, az acél felületén vékony, nagy keménységű és kopásálló, jó siklási tulajdonságokkal rendelkező kéreg jön létre, amely 500°C -ig hő- és korrózióálló. A nitridált réteg vastagsága a nitridálás időtartamával nő, melytől függően $0,1\text{--}1\text{mm}$ vastag lehet. Nitridáláshoz ötvözött (alumínium, króm, vanádium) acélokat alkalmaznak, mert az ötvözők megkönnyítik a nitrogén diffúzióját a vasba, illetve a nitrogén ezekkel az ötvözőkkel kapcsolódva alkotja azokat a nitrideket, melyek a felület keménységét adják. A nitridálás nagyon előnyös bonyolult alakú alkatrészek felületi kérgének kialakítására, mert az alacsony hőmérsékleten nincsenek allotróp átalakulások, nem keletkezik maradó feszültség, jelentéktelen az elhúzóadás.

6. A keménység mérése

A hőkezelés eredményességét a munkadarabok keménységének mérésével ellenőrizzük. A keménységmérések során az anyagoknak egy mérőtest behatolásával szembeni ellenállásával határozzuk meg. A behatolótest a terhelőerő hatására képlékeny deformációt hoz létre a vizsgált felületen, ennek mértéke határozza meg az adott módszer szerinti keménység értékét. Napjainkra három mérési módszer terjedt el az egész világon, ezeknek az ismertetése következik az alábbiakban:

Brinell keménységmérés

A Brinell keménységmérés során egy edzett acélgolyót nyomunk a munkadarab felületébe, és ezt követően a keletkezett gömbsüveg alakú lenyomat átmérőjének mérete alapján táblázat segítségével határozzuk meg a keménységet.



16. ábra. Brinell keménységmérés elve, és a lenyomat átmérőjének mérése

A lenyomat átmérőjének mérését erre kifejlesztett optikai eszköz segíti. Kemény, nagyszilárdságú acélok vizsgálata során a mérés az edzett acélgolyóval, annak deformációja, és a nagyon kicsi lenyomatátmérők miatt, bizonytalanná válik, ezért az eljárás alkalmazási területe a lágyacélok, a színes és könnyűfémek vizsgálata. Az eljárást többféle golyómérettel és terhelőerővel végzik:

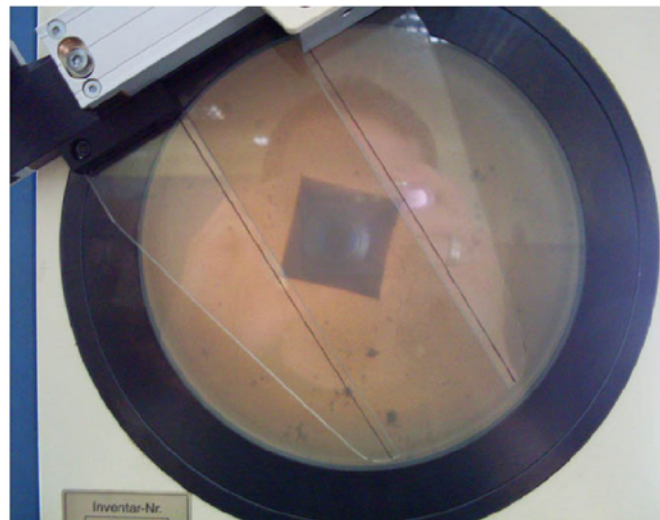
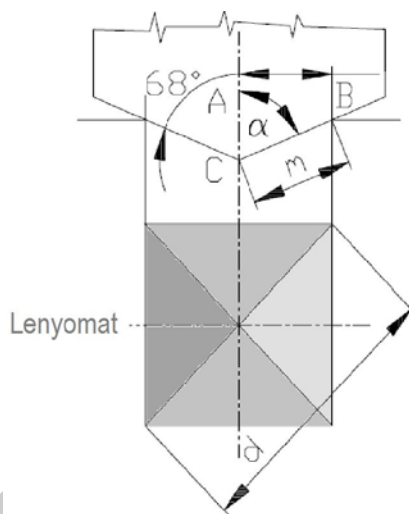
- Golyóátmérők: 1,25 mm, 2,5 mm, 5 mm, 10 mm
- Terhelőerők: 16 N–3000 N között

A Brinell keménység értéke egy szám, mely mögé az eljárás jelét írjuk, ez mögé a golyóátmérő [mm]/terhelőerő [daN] nagyságát írják tájékoztatásul, pl.:

120 HB 2,5/150 – Ennek értelmezése: A keménység Brinell eljárással mérve 120, golyóátmérő 2,5 mm, vizsgálóerő, 150 daN (vagyis 1500 N)

Vickers keménységmérés

A Vickers keménységmérési eljárás a Brinell eljárás hibáit küszöböli ki, azzal, hogy a behatolótest gyémántból készül és 136°-os gúla alakú. A keletkezett lenyomatnak az átlóit mérjük meg, ezek átlaga alapján, az alkalmazott vizsgálóerő szerint, táblázatból választjuk ki a mért keménységet.



17. ábra. Vickers keménységmérés elve, és a lenyomat átlójának mérése

A lenyomat átlóinak mérését a Brinell eljárásnál megismert optikai eszköz segíti. Az eljárást többféle terhelőerővel végzik:

- Terhelőerők: 10 N–1200 N között

A Vickers keménység értéke egy szám, mely mögé az eljárás jelét írjuk, ez mögé pedig a vizsgálóerő értékét daN-ban, pl.:

500 HV 10 – Ennek értelmezése: A keménység Vickers eljárással mérve 500, vizsgálóerő, 10 daN (vagyis 100 N)

Rockwell keménységmérés

A Rockwell keménységmérés kifejlődését az eredményezte, hogy a mérnökök szerették volna felgyorsítani a mérési folyamatot. Az eljárás behatolótestét itt szúrószerszámnak nevezik, és vagy egy 120°-os gyémántkúp, vagy edzett acélgolyó, 1/16 hüvelyk, vagyis 1,59 mm átmérővel. Az eljárás elve a következő:

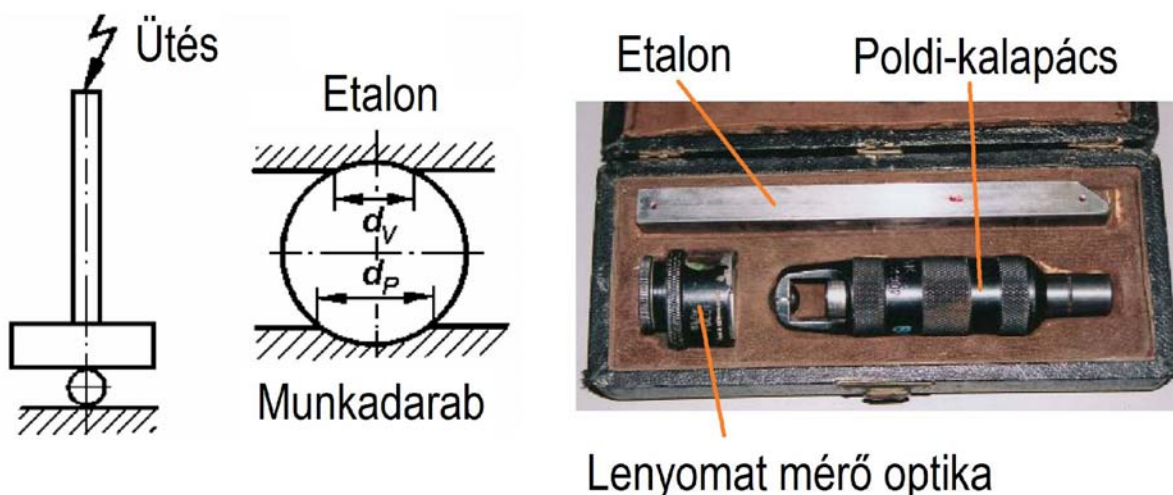
Egy kis előterhelés után a benyomódást mérő mérőórát lenullázzuk, ezután a szúrószerszámmra engedjük a főterhelést. Megvárjuk, míg az anyagban a képlékeny alakváltozás lezajlik (ez néhány másodperc), és megszüntetjük a főterhelést. Az anyagban lévő maradó és rugalmas alakváltozások miatt a szúrószerszám visszanyomódik. Ekkor a mérőóráról leolvasható az előterheléshez képest mekkora mélységű benyomódás keletkezett. A keménységmérő gépeken a mérőórák úgy vannak skálázva, hogy a keménység értéke közvetlenül leolvasható legyen.

Három különböző eljárás fejlődött ki:

- **Rockwell C** eljárás: Szúrószerszám gyémántkúp, előterhelés 98 N, főterhelés 1373 N (140 kp), értékének megadása: **40 HRC**
- **Rockwell A** eljárás: Szúrószerszám gyémántkúp, előterhelés 98 N, főterhelés 490 N (50 kp), értékének megadása: **50 HRA**
- **Rockwell B** eljárás: Szúrószerszám acélgolyó, előterhelés 98 N, főterhelés 833 N (90 kp), értékének megadása: **40 HRC**

Keménységmérés Poldi–kalapáccsal

Az eljárással pontos keménységmérést nem lehet végezni, de gyors helyszíni összehasonlító vizsgálatokat igen. A módszer lényege az, hogy a szerkezetbe egy ismert keménységű etalont helyezünk, ez az etalon érintkezik a keménységmérés behatolótestével a Brinell eljárásnál is alkalmazott acélgolyóval. A golyó másik átellenes oldala a szabadban van, ezt ráhelyezzük a vizsgálandó anyagra, és kalapáccsal ráütünk a készülékre. Ugyan nem ismerjük pontosan a vizsgálóerőt, de az biztos, hogy mind az etalonon, mind a vizsgált anyagon ugyanakkora erő keltette a lenyomatot. A Brinell eljárásnál alkalmazott optikai eszközökkel megméri az etalonon és az anyagon keletkezett lenyomatot, majd összehasonlítják az átmérőket. Ebből következtetni lehet az anyag tényleges keménységére, A módszer jól alkalmazható szerkezeti acélok anyagminőségének gyors ellenőrzésére, vagy beazonosítására, raktári bevételezéskor, vagy kiadáskor.



18. ábra. Poldi kalapáccsal történő mérés elvi vázlata, és egy Poldi készlet

A tapasztalatok és a mérési eredmények összehasonlítása alapján megfigyelték, hogy a keménységmérés eredményéből jó közelítéssel meghatározható a fémes anyagok szakító szilárdsága, ezért széles körben elfogadják a keménységmérést, mint roncsolásmentes vizsgálatot a szakítóvizsgálat helyett. Az alábbi táblázatban az egyes keménységmérési eljárások és a szakítószilárdság egymásnak megfelelő értékei szerepelnek.

Vickers, HV	Brinell, HB	Rockwell		Szakító- szilárdság, N/mm ²
		HRC	HRA	
260	247	24,0	62,4	835
280	266	27,1	63,8	900
300	285	29,8	65,2	965
320	304	32,2	66,4	1030
340	323	34,4	67,6	1095
360	342	36,6	68,7	1155
380	361	38,8	69,8	1220
400	380	40,8	70,8	1290
420	399	42,7	71,8	1350
440	418	44,6	72,8	1420
460	437	46,1	73,6	1485
480		47,7	74,5	1555
500		49,1	75,3	1630
520		50,5	76,1	1700
540		51,7	76,7	1775

FÉMEK KÉZI ÉS KÉZI KISGÉPES ALAKÍTÁSA: HŐKEZELÉSEK, ANYAGJELLEMZŐK ÉS AZOK MEGHATÁROZÁSA

560		53,0	77,4	1845
580		54,1	78,0	1920
600		55,2	78,6	1995
620		56,3	79,2	2070
640		57,3	79,8	2145

A keménységmérésnek léteznek még másfajta módszerei, melyek elsősorban a nemfémek anyagok minősítésére alkalmasak.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Elsőként a „Szakmai információtartalom” áttanulmányozásával foglalkozzon!
2. Válaszolja meg az „Esetfelvetés–munkahelyzet” részben található kérdéseket! Ha a kérdéseket nem tudja megválaszolni, használja újból a „Szakmai információtartalmat”!
3. Ezután a szakmai ismereteinek ellenőrzéséhez oldja meg az „Önellenőrző feladatok” fejezetben található elméleti feladatsort! Hasonlítsa össze a megoldásait a „Megoldások” fejezetben megadottakkal! Ha szükséges, használja újból a „Szakmai információtartalmat”!
4. A gyakorlati munkahelyén ismerkedjen a használt alapanyagokkal, próbálja őket beazonosítani a „Szakmai információtartalomban” megismertek szerint, és gondolja végig miért ilyen anyagot használnak fel az adott feladathoz.
5. A gyakorlati munkahelyén lévő lehetőségeket kihasználva végezzen anyagvizsgálatokat, vagy használja ki a lehetőséget a vizsgálatok megtekintésére.
6. A felhasznált anyagokat próbálja meg hőkezelési lehetőség szerint beazonosítani, ha lehetősége van végezzen el egyszerű hőkezelési feladatot, és utána hasonlítsa össze az acél tulajdonságát a hőkezelést megelőző állapotával.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Egészítse ki az alábbi szöveget!

..... igénybevétel: ha az igénybevétel időben állandó, vagy csak igen lassan, egyenletesen változik

..... igénybevétel: ha a terhelés időben változik, hirtelen, ütésszerű, lökésszerű

..... igénybevétel: ha az igénybevétel időben változik, és sokszor ismétlődik

2. feladat

Egészítse ki az alábbi szövegeket!

..... töréskor előzetes alakváltozás nélkül az elváló felületek mentén hirtelen és egyszerre felszakadnak a kémiai kötések. Bekövetkezhet terheletlen állapotban is.

A törést nagy, képlékeny alakváltozás előzi meg és az anyagon belüli inhomogenitásból vagy anyaghibából indul ki.

Minél nagyobb az anyag, annál nagyobb energia kell az eltöréséhez, tehát annál szívósabb.

3. feladat

Írja le a fáradásos törés kialakulásának szakaszait!

4. feladat

Egészítse ki az alábbi szöveget!

Azokat az eljárásokat, amelyeknek az a célja, hogy a felületen kopásálló, viszonylag kis mélységű kemény réteg alakuljon ki, miközben a mag szívós marad, eljárásoknak nevezzük. Alapvetően két csoportra oszthatók, az egyik esetben az alapanyag összetétele alapján az edzésre, a másik eljárástípusnál valamilyen módszerrel a kéreg összetételét, hogy alkalmassá váljon az edzésre.

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Statikus igénybevétel: ha az igénybevétel időben állandó, vagy csak igen lassan, egyenletesen változik

Dinamikus igénybevétel: ha a terhelés időben változik, hirtelen, ütésszerű, lökésszerű

Ismétlődő igénybevétel: ha az igénybevétel időben változik, és sokszor ismétlődik

2. feladat

Rideg töréskor előzetes alakváltozás nélkül az elváló felületek mentén hirtelen és egyszerre felszakadnak a kémiai kötések. Bekövetkezhet terheletlen állapotban is.

A **szívós** törést nagy, képlékeny alakváltozás előzi meg és az anyagon belüli inhomogenitásból vagy anyaghibából indul ki.

Minél nagyobb az anyag **ütőmunkája**, annál nagyobb energia kell az eltöréséhez, tehát annál szívósabb.

3. feladat

- mikrorepedés alakul ki,
- az ismétlődő igénybevételek hatására tovább terjed a repedés és lecsökken az alkatrész teherviselő keresztmetszete
- a lecsökkent keresztmetszet nem bírja a terhelést, és bekövetkezik a ridegtörés

4. feladat

Azokat az eljárásokat, amelyeknek az a célja, hogy a felületen kopásálló, viszonylag kis mélységű kemény réteg alakuljon ki, miközben a mag szívós marad, **kérgesítő** eljárásoknak nevezzük. Alapvetően két csoportra oszthatók, az egyik esetben az alapanyag összetétele alapján **alkalmas** az edződésre, a másik eljárástípusnál valamilyen módszerrel **megváltoztatjuk** a kéreg összetételét, hogy alkalmassá váljon az edzésre.

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Fenyvessy Tibor–Fuchs Rudolf– Plósz Antal: Műszaki táblázatok, NSZFI

Dr. Gáti József–Dr. Kovács Mihály: Ipari anyagok és előgyártmányok, Műszaki Könyvkiadó

Járfás Istvánné–Koncz Ferenc–Róka Gyuláné: Fémipari anyag- és gyártásismeret I. , Műszaki Könyvkiadó

Fancsaly Lajos–Koncz Ferenc–Varga László: Fémipari anyag- és gyártásismeret II. , Műszaki Könyvkiadó

AJÁNLOTT IRODALOM

Fenyvessy Tibor–Fuchs Rudolf– Plósz Antal: Műszaki táblázatok, NSZFI

Járfás Istvánné–Koncz Ferenc–Róka Gyuláné: Fémipari anyag- és gyártásismeret I. , Műszaki Könyvkiadó

Fancsaly Lajos–Koncz Ferenc–Varga László: Fémipari anyag- és gyártásismeret II. , Műszaki Könyvkiadó

A(z) 0111-06 modul 014-es szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 582 01 0000 00 00	Épületgépész technikus
31 582 09 0010 31 01	Energiahasznosító berendezés szerelője
31 582 09 0010 31 02	Gázfogyasztóberendezés- és csőhálózat-szerelő
31 582 09 0010 31 03	Központifűtés- és csőhálózat-szerelő
31 582 09 0010 31 04	Vízvezeték- és vízkészülék-szerelő
31 521 06 0000 00 00	Finommechanikai gépkarbantartó, gépbeállító
52 522 09 0000 00 00	Gáz- és tüzeléstechnikai műszerész
31 521 10 1000 00 00	Géplakatos
31 521 10 0100 31 01	Gépbeállító
31 521 15 0000 00 00	Késes, köszörűs, kulcsmásoló
31 521 15 0100 31 01	Gépi gravírozó
31 521 15 0100 31 02	Kulcsmásoló
31 522 03 0000 00 00	Légtechnikai rendszerszerelő
54 525 02 0010 54 01	Erdőgazdasági gépésztechnikus
54 525 02 0010 54 02	Mezőgazdasági gépésztechnikus
54 525 01 0000 00 00	Építő- és anyagmozgató-gépész technikus
31 521 03 0000 00 00	Építő- és szállítógép-szerelő
31 582 10 0000 00 00	Épületlakatos
31 582 10 0100 31 01	Épületmechanikai szerelő
31 863 01 0000 00 00	Fegyverműszerész
33 521 03 0000 00 00	Felvonószerelő
31 521 07 1000 00 00	Finommechanikai műszerész
31 521 07 0100 31 01	Mérlegműszerész
31 521 07 0100 31 02	Orvosi műszerész
31 521 11 0000 00 00	Hegesztő
31 521 11 0100 31 01	Bevont elektródás hegesztő
31 521 11 0100 31 02	Egyéb eljárás szerinti hegesztő
31 521 11 0100 31 03	Fogyóelektródás hegesztő
31 521 11 0100 31 04	Gázhegesztő
31 521 11 0100 31 05	Hegesztő-vágó gép kezelője
31 521 11 0100 31 06	Volframelektródás hegesztő
52 725 03 0000 00 00	Optikai műszerész
31 521 24 1000 00 00	Szerkezetlakatos
31 521 24 0100 31 01	Lemezlakatos
33 524 01 1000 00 00	Vegy- és kalorikusgép szerelő és karbantartó
31 525 03 1000 00 00	Karosszerialakatos
31 861 02 1000 00 00	Biztonságtechnikai szerelő, kezelő
31 861 02 0100 31 02	Mechanikus vagyonvédelmi rendszerszerelő
33 522 02 0000 00 00	Hűtő- és klímaberendezés-szerelő, karbantartó

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:

18 óra

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató