

Irodalmi áttekintés – Mélyhúzott minta anizotrópiájának vizsgálata

Képlékeny alakítás általában

A **képlékeny alakítás** a fémek olyan megmunkálási módja, amely során külső erő hatására az anyag maradandóan megváltoztatja alakját, miközben az anyag folytonossága nem szakad meg, azaz nem keletkezik törés vagy szakadás, a test tömege pedig változatlan marad. A képlékeny alakítás feltételezi, hogy az anyag képlékeny – vagyis megfelelő külső terhelés hatására tartósan, szakadás nélkül képes átalakulni. A módszer egyik előnye, hogy anyagveszteség nélkül, gyakran forgácsképződés nélkül jön létre az alakváltozás, ezért „forgács nélküli megmunkálásnak” is nevezik. Fontos képlékeny alakítási eljárások: kovácsolás, hengerlés, húzás, kisajtolás, mélyhúzás stb. Az alakváltozás rendszerint rugalmas deformációval kezdődik, majd amikor a ható feszültség eléri a folyáshatárt, bekövetkezik a képlékeny alakváltozás, amelyet többek közt csúszás (atomsíkok elmozdulása) vagy ikerképződés kísér.^[1]
^[2] ^[3] ^[4] ^[5]

Mélyhúzás részletesen

A **mélyhúzás** egy lemezalakító művelet, amelynek során sík lemezből főként húzó igénybevétellel vékonyfalú, üreges testeket (pl. csésze, pohár, edény) állítanak elő. Ez a művelet a vékonyfalú üreges testek tömeges gyártásában az egyik leggazdaságosabb technológia. A mélyhúzó művelet során a kiinduló lemezt ráncfogó szerszám segítségével tartják elő, majd egy húzóbéllyeg a lemezt a húzógyűrűbe húzza. A folyamat során a lemez különböző szakaszai eltérő igénybevételeknek vannak kitéve: a perem részen koncentráltan jelentkeznek a képlékeny alakváltozások, a lemez vastagsága egyes helyeken csökkenhet vagy megnőhet, a húzás mélységével változnak a húzó- és nyomófeszültségek. Ha nem megfelelő a technológia, ráncosodás léphet fel, ezt a ráncfogó akadályozza meg. Nagyobb húzási mélységekhez ráncfogó szükséges, kisebb mélységeknél elhagyható.^[6] ^[7] ^[8] ^[9]

Mélyhúzó szerszámok felépítése és működése

A **mélyhúzó szerszám** fő elemei rendszerint a húzógyűrű, a húzóbéllyeg és a leszorító/ráncfogó. A szerszámok lehetnek ránctartóval szereltek (merev vagy rugalmas vezérlés), vagy egyszerűbb, ránctartó nélküli verziók is szokásosak. A szerszám kialakítása meghatározza a munkadarab minőségét, mivel a nem megfelelő kialakítás esetén a kész darab ráncosodhat vagy más hibák (pl. vastagság-csökkenés, repedés) jelentkezhetnek. A ráncosodás elkerülése érdekében a húzógyűrűn felfekvő lemezt ráncfogóval kell szorítani, ez is növeli az alakítás erőszükségletét.^[7] ^[8] ^[10]

Mélyhúzó szerszámok tervezése, terhelések

A **mélyhúzó szerszámok tervezésekor** figyelembe kell venni a lemez vastagságát, alakíthatóságát, az anyag szakítószilárdságát, illetve a geometriai viszonyokat. A szerszámban keletkező fő terhelések: húzó-, nyomó-, hajlító- és súrlódási erők. A szerszámok helyes méretezésével meghatározható a szükséges húzó- és ráncfogó-erő, amelyeket a szerszám kialakításánál optimalizálni kell. A szerszám és a gyártógép teljesítményének összehangolása is kulcsfontosságú. A tervezés során numerikus szimulációk, például a végelelemes módszer (VEM) is alkalmazható az igénybevételek és alakváltozások előzetes vizsgálatára. ^{[11] [12] [13] [14]}

VEM – Végelelemes módszer

A **végelelemes módszer (VEM)** numerikus eljárás, amelyet főleg mérnöki és alkalmazott tudományos feladatokban – például gépalkatrészek szilárdsági, lengéstani vagy áramlástan vizsgálatánál – alkalmaznak parciális differenciálegyenletek közelítő megoldására. A vizsgált testet vagy szerkezetet véges számú, általában egyszerű alakú (háromszög, négyszög, tetraéder stb.) *elemekre* bontják, majd ezek együttes viselkedését számítják ki. A VEM segítségével jól vizsgálhatók összetett formájú, többféle terhelésű alkatrészek belső feszültségei és alakváltozásai. A módszer gépi számításra épül, eljárása magába foglalja a modell hálózását, a peremfeltételek és terhelések megadását, az egyenletrendszer (merevségi mátrix) összeállítását, végül a számítást és az eredmények értékelését posztprocesszor szoftverrel. ^[15]

A VEM alkalmazási területei:

- Szilárdságtani, hőtani, rezgéstani és áramlástan problémák vizsgálata
- Szerkezeti stabilitás (pl. kihajlás, horpadás)
- Hővezetési problémák, hőfeszültségek elemzése
- Mágneses, elektrosztatikus, geotechnikai, hidrológiai problémák számítása

A legismertebb alkalmazások a gépészeti tervezői munkában és az építőmérnöki gyakorlatban terjedtek el, különféle kereskedelmi és ingyenes programcsomagok támogatásával. ^[15]

Hivatkozások:

**

1. <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-2/a-keplekenyalakitas-biztonsagtechnikai-eloirasai/keplekeny-alakitas-attekintes>
2. https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/5_0111_017_101215.pdf
3. <https://www.scribd.com/document/610451549/Keplekenyalakitas-jegyzet>
4. https://hu.wikipedia.org/wiki/Képlékeny_alakítás
5. https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/5_0095_005_101115.pdf
6. <https://www.scribd.com/document/654055366/Melyhuzas-technologiaja>

7. <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-2/a-melyhuzas-technologiaja/melyhuzas-technologiaja>
8. <https://www.muszeroldal.hu/measurenotes/gepiparitechnologiaik.pdf>
9. https://real.mtak.hu/109564/1/2019_1_ENG_008_Beres.pdf
10. <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-2/a-melyhuzas-szerszamai-es-segedberendezesei/melyhuzo-szerszam-kialakitások>
11. https://real.mtak.hu/150825/1/XXIII_FMTU-BertokAdam.pdf
12. <https://color-metal.ro/hu/lemezek-melyhuzasa-az-eljaras-leirasa>
13. http://geik.uni-miskolc.hu/intezetek/SALYI/content/176/176_53.pdf
14. <https://techstorym2m.hu/lemezalkatreszek-tervezese-es-lemezalakito-szerszamok-az-ajanlatadastol-a-gyartasig.html>
15. https://hu.wikipedia.org/wiki/Végeselemes_módszer
16. <http://users.atw.hu/gepesz-lev/3felev/Mtech.pdf>
17. <https://fr.scribd.com/document/637745111/Keplekeny-Alakitas-1-11>
18. https://www.att.bme.hu/neptuncode/BMEGEMTBGF1/eloadasok/12_Képlékenyalakítás_1.pdf
19. https://gradus.kefo.hu/archive/2022-1/2022_1_ENG_002_Beres.pdf
20. <https://www.scribd.com/document/485596911/atg-lemez-ea08>
21. <https://bgk.uni-obuda.hu/gti/att/wp-content/uploads/2023/09/keplelma.pdf>
22. https://mersz.hu/dokumentum/m410kaaj__65/
23. <https://hu.jidemachinery.com/info/professionals-must-understand-the-structure-an-85052461.html>
24. http://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2008/horvath_gy.pdf
25. <https://szerszamokgyartasa.hu/melyhuzo-szerszam/>
26. <http://www.mech.uni-miskolc.hu/~abaksa/education/notes/VEM-ME-jegyzet.pdf>
27. <http://old.bgk.uni-obuda.hu/ggyt/targyak/seged/bagms15nnk/02.pdf>
28. https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/5_0203_003_101115.pdf
29. <https://www.scribd.com/document/385484209/34-szerszamkeszito-eulogkorl>
30. <https://www.studocu.com/hu/document/obudai-egyetem/alakitastechnologia-es-gepei-i/vem-me-jegyzet-a-vegeselem-modszer-alapjai/100741732>
31. <https://metal-work2003.hu/szolgaltatasok/mero-es-ellenorzo-keszulekek-tervezese-es-gyartasa/>
32. <https://es.scribd.com/document/654055366/Melyhuzas-technologiaja>
33. <http://mmfk.nyf.hu/~gepgyartas/magt/hallgatok/feladatok/vem/2011/VEMsegedlet01.pdf>
34. <https://metal-work2003.hu/szolgaltatasok/melyhuzo-szerszamok/>
35. https://www.mm.bme.hu/~gyebro/files/vem/kovacs-szekrenyes_vegeselem_modszer.pdf
36. https://mersz.hu/dokumentum/m410kaaj__59/