FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

MIKROFORGÁCSOLÁS ANALÍZISE

Nyirő József

Summary:

A mikroforgácsolás analízise, szimulációja lesz bemutatva fejlett módszerek, néhány kép segítségével. Manapság a MARC program alkalmazásával folyik az elemzés, aminek a segítségével lehetőség van 3D-s analízisre, tehát a munkadarab vagy a szerszám tengely körüli forgatására. Így az esztergálási, fűrési munkafolyamat szimulációja megoldódott.

A két program közti eredményalakulás változásokat hoz létre, már a 2D-s elemzés esetén is. A peremfeltételek, a szituáció megváltozása valóságosabb eredményeket hoz magával. A két analízis közötti különbség miatt, a 3D-s analízis a valóságnak megfelelő eredményeket hoz. Tehát ebből már lehet következtetéseket levonni a valós folyamatról, a munkafolyamatban az összetevők alakulásáról anyagáramlás, hőmérséklet, alakváltozás, alakítási erő, feszültség, nyomás, valamint más a technológia számára fontos paraméterek kiszámolásával.

1. Bevezetés:

Manapság egyre inkább előtérbe helyeződött a mikromegmunkálás, egyre nagyobb számban jelennek meg a mikroforgácsoló megmunkálással történő anyagleválasztások. Ilyenek pl. a mikromarás ($\varnothing$ 0.3 mm), mikroesztergálás, mikrofűrás ($\varnothing$ 0.1 mm). Mikroforgácsoláson belül értik a miniatűr forgácsleválasztás témakörét és a miniatűr alkatrészek gyártását is.

A múltban a mikromegmunkálásokat lézerrel, szikraforgácsolással vagy egyéb különleges megmunkáló eljárással végezték. Ezek az eljárások nagyon költségesek. Vagy a lézer, vagy a maszk elkészítése miatt lesznek hatalmasak az árak. Elsősorban a költségek csökkentése volt a cél, amikor a mikroforgácsolás bevezetését kezdeményezték.

A forgácsolás modellezésével már nagyon sokan foglalkoztak (pl. Leonardo), de ezek a kezdeti próbálkozások mind makroszinten mentek. A későbbiekben a cél a mikroszintekig való eljutás, a szemcse szinten történő vizsgálatok készítése, az anyagszemcse szerkezetének, változásának vizsgálata. Természetesen nem ugyanaz a helyzet, szemcseméreteken beszélünk, mivel ott már nem a szemcsehatárokon történik az alakváltozás, hanem a szemcsét alakítjuk és abban a pillanatban megváltozik az anyagnak a tulajdonsága. Sokkal merevebb anyagról lesz szó. El kellene érni, hogy megfelelő szerszámalkakítás mellett a szemcséket tudjuk megmunkálni, ne pedig a szemcsehatár mentén alakuljon ki a törés.

Kezdetben megmunkálási módnak szabadforgácsolást választunk, ami lehet a gyalulási (hántolási) megmunkálás, és a hozzá hasonló megmunkálási fajták. Tulajdonképpen nem tévesztünk nagyot, mivel lehet közelíteni a megmunkálást 2D-s megmunkálássá. A szerszámot karcsúnak vesszük, és kis elhanyagolásokat teszünk, így vizsgáljuk a folyamatot.

A 3D-s analízis már teljesen megközelíti a kívánt folyamatot. Az eredményei is jól mutatják a forgácsolási folyamat jelentőségét. Ezzel a módszerrel már tudjuk elméleti síkon kezelni a forgácsolási folyamatot.

2. Analízis (2D)

Tehát most már a MARC program segítségével folyik a kutatás, az eddigi 2D-s modellezés más jellegű eredményeket hozott. Például arra gondolok, hogy a régebbi analízis a anyagfolyást vektorosan mutatta, és a vektor nagysága jelképezte a sebesség nagyságát, a nyíl pedig mutatta az irányát. Viszont

a jelenlegi analízis, sokkal jobban mutatja a szükséges technológiai paraméterek értékeit (erő, feszültség, nyomás). A nagy különbség abban mutatkozik, hogy jobban lehet a peremfeltételeket hozzárendelni egy adott szimulációhoz. Az anyagminőség megadása is sokkal jobban közelíti a valóságot, ezen kívül a kötöttségeket is jobban meg lehet határozni. A végelelem háló meghatározása is jobban definiálható, és a számítási módszer változtathatóságával még valósághűbb eredmények kaphatók.

Kezdetben a fejlettebb rendszerrel is 2D-s analízisek folytak, hogy jobban lehessen hasonlítani az eredményeket a régebbi eredményekkel. A következő képek ezekről az eredményekről adnak számot.

2.1 Az analízis paraméterei:

Jelen esetben a probléma az, hogy a szerszám ridegnek lett tekintve, tehát nem alakváltozik. Tulajdonképpen, ha jól meggondoljuk tényleg a szerszám sokkal jobb minőségű anyag, mint a munkadarab. A másik dolog, hogy azért lett így analizálva, mivel a régi analízis is hasonlóképpen működött. A szerszámnak csak a munkadarabra történő ráhatását szimuláljuk. Az újabb szimulációval viszont tökéletesebb kötöttség megadást lehet elérni a munkadarabon. Esetleg a megfogást vagy a kezdeti feltételeket vizsgálom.

Az analízis szükséges paramétereit az SI szabvány alapján adhatjuk meg. Így arányaiban kell helyesnek lenni az analízis paramétereinek

Jelen esetben: anyagminőség: C15,
 fogásmélység: $a = 1 \text{ mm}$,
 előtolás: $f = 0.2 \text{ mm/ford}$.

2.2 Az analízis eredményei:

A forgácsolás adataiból kitűnik, hogy egy komoly terhelésű folyamat játszódik le. Ezt a fajta megmunkálást gyorsforgácsolásnak nevezzük

Az 1. ábra az alakítási erő vizsgálatával foglalkozik, jól látható az ábrából, hogy a szerszám csúcsánál lesz a terhelés maximuma, és a csúcs körül körgyűrűszerűen épülnek fel a terhelési sávok. Ezen kívül még nagyon jól mutatja az ábra a nyírási sík alakulását, ami a forgácsolástól felület felé mutat (halvány sáv) és így mutatja a forgács folyási útját, illetve az anyagáramlást is.

1. ábra: Az alakítási erő alakulása a forgácsolási folyamatban

A 2. ábra feszültség alakulásával foglalkozik, itt is jól megfigyelhető, hogy a felület mentén főleg a csúcs közelében, de a felületen jól elnyúlva van a feszültség maximális értékének maximális tartománya. Leginkább az olvasható le, hogy a forgács és a szerszám csatlakozásánál ébred a feszültség legnagyobb része. Ott kúszik fel a feszültség értéke. A szerszám és a forgács érintkezési pontjától távolodva egyre alacsonyabb lesz a feszültség értéke.

2. ábra: A feszültség alakulása a felületi rétegben

A 3. ábra két képből áll, de mindkét kép a felületi nyomás alakulását taglalja. A baloldali ábra mindjárt a legelején, a belépéskor mutatja a folyamatot, míg a jobboldali egy pár lépéssel később mutatja. Hasonlóképpen a előző ábrákhoz a felületi érdesség is a forgácstőben és a közvetlen környezetében lesz a legnagyobb.

Egy nagyon érdekes jelenség figyelhető meg a folyamat vizsgálatakor, hogy a szerszám belépésekor az anyag kifelé megfolyik, ez újdonságot jelen, mindenképpen vizsgálatot érdemel. Ez a jelenség adódhat a nagy terhelés következtében, de az bizonyos, hogy van olyan eset mikor megfolyik az anyagmennyiség. Az is előfordulhat, hogy a jelenség mindig jelentkezik, csak a mértéke természetesen jóval kisebb. A jelenség abból adódhat, hogy a nagy terhelés hatására a mechanikai energia hővé alakul és ennek a hőnek a következménye lesz a megfolyás jelensége. Ennek a folyamatnak nagyon sok függvénye van (hővezetési tényező, anyagminőség, előtolás, fogásmélység). De biztos, hogy ebben a szituációban, ilyen peremfeltételek mellett megfolyik az anyag.

A másik, jobboldali képen viszont már nem lehet megfigyelni a megfolyást. Tehát a jelen szituációban csak az első pillanatban észlelhető a megfolyás. Ez hasonlóképpen betudható a nagy terhelésnek, mivel a kezdeti megfolyás után a nagy terhelés következtében visszahúzza az anyagot. Az anyagszemcsék összetartó ereje olyan nagy, hogy nem szakadnak el, hanem visszahúzzák a kifelé megfolyt anyagot. A másik dolog, ami megjelenik a képen, hogy nagy terhelés alatt játszódik a folyamat, mivel a munkadarab felületén nagy mennyiségben megjelenik a nyomás, tehát nagyon elszínesedik a munkadarab.

3. ábra: A felületi nyomás alakulása a kezdeti állapotban

Ezek voltak azok az eredmények, amelyek a 2D-s analízis hasonlításához készültek, de már sokkal több eredményt lehetett az újabb analízisből levonni.

3. Analízis (3D)

Tehát mivel lehetőségünk van a 3D-s analízis végrehajtására, így elkezdődtek a szimulációk. A 3D-s analízisben a legnagyobb különbség a feszültségállapot megváltozásában történik. A szimulációban 3 tengelyű feszültségi állapotról van szó. Ez nagy mértékű számítási változást eredményez, sokkal komplikáltabb folyamatról van szó.

Ahogy a 4. ábra mutatja, úgy helyezkednek el a testek a szimulációban. Ez az ábra csak egy felépítési vázlata a 3D-s analízisnek. A feladatot kontaktfeladatként kell megoldani, mivel a forgácsleválásra is kíváncsiak vagyunk, nemcsak a terhelésre. Tehát most is két testet kell

meghatározni, jelen esetben is, akárcsak 2D esetén, itt is merev szerszámmal dolgozunk. Egyedül a munkadarab az, amelyik alakulni tud.

Jelen ábrán jól látható a hálózás menete, körcikkszerűen vannak a hálók kialakítva, hogy a külső felületen ugyanazok feltételek legyenek adottak.

A szerszámot, mivel rigid elegendő három síkfelülettel helyettesíteni. A programon belül csak olyan lehetőség van, hogy a szerszám végez minden mozgást, a munkadarabnak nem lehet mozgást adni. Így a szerszám végzi az előtolómozgást, és a munkadarab tengelye körüli forgást is.

4. ábra: A 3D-s analízis felépítése

4. Következtetés

A két program közti eredményalakulás komoly változásokat hozott felszínre, amik még a másik analízissel fel sem merültek. A peremfeltételek teljes megváltozása, precízebb volta, megnyugtatóbb, valósághűbb eredményeket von maga mögé. A két verzió közötti hatalmas különbség miatt, a 3D-s analízis a valóságnak megfelelő eredményeket hoz. Tehát ebből már lehet következtetéseket levonni az igazi valóságról, a munkafolyamatban az összetevők alakulásáról.

Ezek a rendszerek részben közvetlen ipari alkalmazások tervezésére, részben kutatásra is alkalmasak. A felhasználó által megadott technológiai paraméterek hatására, a szimuláció közvetlen válaszol az anyagáramlás, a hőmérséklet az alakváltozás eloszlás az alakítási erő és energia valamint más a technológia számára fontos mennyiségek kiszámolásával.

Tehát a legfontosabb következtetések a kísérletek folyamán:

- az éllekerekítési sugárnak minimálisnak kell lennie, hogy az anyagáramlás könnyebb legyen.
- a belépés esetén visszafelé történő anyagfolyás jelenik meg.
- a csúcs környékén alakulnak ki a maximális terhelések (erő, feszültség).

Tehát az eredmények a valóságnak megfelelnek, a modell megfelelő, így lehetséges az analízis eredményeit kiértékelni.

Így tehát a továbbiakban levont következtetések a gyakorlati életben jól alkalmazhatók.

Irodalomjegyzék

- [1] **MARC documentation**, Budapest,
- [2] **FORM2D rendszer összefoglalója**, Budapest
- [3] RENTSCH, Dr.-Ing. R. G.: **Process Modelling by means of Molecular Dynamics (MD)**, Berichte Nr. 1276, 1996, 17-21
- [4] NAKAYAMA, K.: **Basic Rules on the Form of chip in Metal Cutting**, Annals of the CIRP Vol. 27/1/1978, 175-195

Név/ tudományos fokozat: Nyirő József, Ph.D doktorandusz (II. éves)
Munkahely, cím: Budapesti Műszaki Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszék,
 1111, Budapest, XI. Ker., Egrý J. u. 1.
Telefon: (1) 463 2641, **Fax:** 463 3174, **E-mail:** nyj@manuf.bme.hu