

Nyilvántartási szám: TS 040792

Témavezető: Ginsztler János

A téma címe: „Az anyagtudomány és a mechanika szerepe az anyagok és szerkezetek élettartam növelésében.”

2005 évi Szakmai Zárójelentés

Programunk integrált anyagtudományi és mechanikai kutatásokra irányul, amely egyes gépészeti szerkezetek és szerkezeti anyagok károsodási folyamatának leírásához ill. élettartam-növeléséhez kapcsolódik. Ennek keretében erőművi berendezések élettartam-növelésével, speciális tulajdonságú anyagok (fémmátrixú anyagok, nanoszerkezetű anyagok) előállításával és tulajdonságaik vizsgálatával foglalkozunk. A témakörhöz szervesen kapcsolódik a fenti anyagokból készült berendezések vizsgálata, valamint a szerkezeti anyagok forgácsolásakor jelentkező káros jelenségek (szerszám gép rezgések) matematikai leírása és kiküszöbölése.

Javított rúdmodell kifejlesztése kompozit próbatestek modellezéséhez

A kompozit anyagok rétegek közötti törésének vizsgálatához rúdszerű próbatesteket használnak. Ennek oka, hogy a törési jellemzők ilyen módon analitikus formában adhatók meg. A hagyományos (Euler-Bernoulli-féle) rúdelmélet egyszerű összefüggéseket ad a különféle próbatestek rugóállandójára és a repedésfeszítő erő komponenseire. Az elmúlt években az egyszerű rúdelméleti formulák pontosabbá tételét végeztük el. A kutatás során az egyszerű rúdelmélet mellett a következő mechanikai hatásokat vettük figyelembe: Winkler-Pasternak-féle rugalmas ágyazás, keresztirányú nyírás, Saint-Venant-féle deformáció, valamint a repedés csúcs nyírási deformációja. Az említett hatásokat egy általános, vegyes I/II-es esetben vettük figyelembe. A számítás alapján meghatároztuk a rugóállandó és a vegyes I/II-es repedésfeszítő erő pontosított képletét. A szakirodalomban ismert globális szétválasztó módszer segítségével a vegyes I/II-es erőt szétválasztottuk I-es és II-es komponensekre. Az eredmények azt mutatták, hogy a Winkler-Pasternak-féle ágyazás, a keresztirányú nyírás és a Saint-Venant hatás csak az I-es komponens pontosságát javítja, míg a repedés csúcs nyírási deformációja csak a II-es komponens képletében jelenik meg.

A modell megszerkesztéséhez szükség volt a Pasternak-féle ágyazás merevségének meghatározására, amelyet kombinált analitikus-végelem módszerrel végeztünk el.

A kifejlesztett modell eredményeit előző analitikus modellek és végelem módszer eredményeivel hasonlítottuk össze. Létező próbatestek modelljeit felhasználva minden esetben azt tapasztaltuk, hogy az általunk kifejlesztett modell minden esetben azonos mértékben viszonyul a végelem modellekhez, ezáltal az eddigi analitikus modelleknél számos esetben pontosabb eredményt ad. A kifejlesztett modell segíthet abban, hogy a rétegszétválasztási folyamatot és az annak során fellépő jelenségeket jobban megértsük.

Kompozit próbatestek gyártása

Kompozit anyagok vizsgálatához a kísérleti módszer elengedhetetlen. A próbatestek alapanyaga üvegszál és poliészter gyanta, amelyet a Novia Kft.-től szereztünk be. A kísérletekhez szükséges próbatestek előállításához egy speciális présszerszámot készítettünk. A présszerszám egyik darabja két horonnyal van ellátva, ezekbe kell belehelyezni a megfelelő mennyiségű előre feltekerített szálkötegeket. A szerszám ellendarabját beillesztve és nyomás alá helyezve megfelelő száltartalmú és pontosságú kompozit próbatest állítható elő. Ennek a módszernek az előnye (szemben a próbatest lemezből való gyártásával és az abból való kivágásával), hogy a próbatestek egymáshoz képest is azonos tulajdonságúak. Mindemellett a próbatest vastagsága is szabályozható.

Különböző törésmechanikai próbatestek kísérleti vizsgálata.

A kísérletek célja elsősorban a kifejlesztett analitikus modell ellenőrzése volt. A Kísérleti munka első fázisában már létező I-es, II-es és vegyes törési módot adó kompozit próbatesteket használtunk fel. A kísérletekhez elkészítettük a szükséges segésközöket (hajlító szerkezet, befogó szerkezetek, ragasztható fém pofák, stb.). A mérésekhez elmozdulásvezérelt szakítógépet és mechanikus mérőórákat használtunk. A mérés során meghatároztuk a próbatestek rugóállandóját. A repedésfeszítő erőt egy szakirodalomban a legpontosabbnak nevezett kalibrációs módszerrel számítottuk ki. Mind a rugóállandót, mind a repedésfeszítő erőt analitikusan is kifejeztük és a modell eredményeit összevetettük a kalibrációs módszer eredményével. Minden próbatest esetében nagyon jó egyezést tapasztaltunk, ami azt mutatja, hogy az analitikus modell használható.

A kísérleti munka során egyes próbatesteknél nagy elmozdulások következtek be. Ennek elkerülése fontos, hiszen a nagy elmozdulások jelentősen befolyásolhatják a repedés terjedését. Néhány próbatest esetén (ELS, SLB, SCB, ONF) javaslatot is tettünk a repedési hossz optimális meghatározására.

A mérési eredmények alapján közelítőleg megszerkesztettük a felhasznált üveg/poliészter kompozit vegyes I/II-es törési módra vonatkozó határgörbéjét.

Újfajta törésmechanikai próbatest kifejlesztése kompozit anyagok vizsgálatához

A kísérleti munka során felmerült egy új próbatest kifejlesztésének lehetősége. Az új próbatest (OLB) előnye, hogy lehetővé teszi a vegyes I/II-es repedésterjedés vizsgálatát, a nagy elmozdulások elkerülhetők és nagyon egyszerűen kivitelezhető. Az új próbatestre a kifejlesztett analitikus modell alapján megadtuk a rugóállandó és a repedésfeszítő erő zárt formájú kéleteit, amelyeket kísérletek segítségével ellenőriztünk. Az analitikus modell nagyon jó egyezést mutatott a kísérleti eredményekkel mind repedés-megindulás, mind pedig repedésterjedés esetén.

Száláthidalások modellezése

A kísérletek során az un. DCB próbatest esetén megfigyeltük, hogy kiterjedt száláthidalási zóna jön létre a próbatestben. A jelenség oka, hogy a rétegek közötti törés hatására a repedés hossza folyamatosan növekszik, eközben egyes szálak az anyagból kihúzódnak és áthidalják a próbatest két karját. A jelenség vizsgálatára rúdmodellt dolgoztunk ki, amely az áthidalásokat rugalmas rudakkal modellezi. A modell alkalmas az áthidaló szálak számának és a szálakban ébredő erőnek a becslésére. A rúdmodell alkalmazása sok számítást igényel és az eredmény közelítő, de cserébe csak néhány alapvető rugalmassági jellemző szükséges a számításokhoz. A modellhez egy numerikus megoldót írtunk a MAPLE program segítségével. A modellt egyirányú üveg-poliészter DCB próbatestek mérési adatai alapján alkalmaztuk. Az eredmények alapján az áthidaló szálak száma közelítőleg hiperbolikusan csökken a repedés növekedésével, míg az áthidaló szálakban ébredő erő a csúcérték elérése után egy állandósult értékhez közelít. Az eredményeket összehasonlítottam más szerzők által publikált eredményekkel és jelentős hasonlóságot tapasztaltam.

Numerikus közelítő módszerek

Továbbfejlesztettük a szemi-diszkretizációs módszert, amellyel késleltetett periodikus együtthatójú differenciálegyenletek stabilitási vizsgálatát lehet hatékonyan vizsgálni. A módszer lényege, hogy a szemi-diszkretizáció során csak a késleltetett tagokat és az időfüggő tényezőket diszkretizáljuk, a jelen időtől függő tagokat nem, így az eredeti egyenletet közönséges autonóm differenciálegyenletek sorozatával közelítjük. Végeredményként, az eredeti végtelen dimenziós rendszert véges dimenziós diszkrét rendszerrel közelítjük. A továbbfejlesztett módszer lényege, hogy a diszkretizálás során a késleltetett tagot két szomszédos késleltetett érték súlyozott összegeként közelítjük, ezzel a módszer hatékonysága nagymértékben javul.

A szemi-diszkretizációs módszernél a késleltetett tagot különböző rendben közelíthetjük az egyes diszkretizációs intervallumokban. Összehasonlítottuk az állandóval történő közelítés két

típusát és az első rendű (lineáris) közelítést, és kimutattuk, hogy a magasabb rendű közelítés a vártnak megfelelően gyorsabb konvergenciát eredményez.

Forgácsolási folyamatok stabilitás

Részt vettünk a Janez Gradisek (Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana) és Martin Kalveram (Department of Machining Technology (ISF), University of Dortmund) által 2004-ben Dortmundban végzett kísérleti munka eredményeinek értékelésben. A szlovén és a német kutatók a szemi-diszkrétizációs módszerrel meghatározott stabilitási térkép alapján végeztek méréseket különböző radiális fogásmélységű egyen- illetve ellenirányú marás esetén. A mérések során a fordulatszám 9000 és 34000 ford/perc között mozgott, ami a mai csúcstechnológiában használt nagy sebességű megmunkálásnak felel meg. A kísérleti stabilitási térképek megegyeztek a szemi-diszkrétizációval kapott térképekkel.

Stabil megmunkálás esetén, a megmunkálás során a megmunkált felület elhelyezési hibája (surface location error) függ a megmunkálás során keletkezett stabil gerjesztett rezgések nagyságától. Az elméleti alakhibát a stabil megmunkálási folyamathoz tartozó közönséges differenciálegyenlet megoldásával adtuk meg. Ez alapján olyan technológiai paramétereket (fogásmélység, fordulatszám, előtolás) lehet megadni, ami egyrészt nagy hatékonyságú anyagleválasztást, másrészt kicsi felületi alakhibát okoz. Az elméleti modell alapján meghatározott és a kísérleti úton kapott alakhiba jól közelíti egymást.

Mintavételezéses szabályozások stabilitásának és robusztusságának vizsgálata

Időkésést tartalmazó digitális szabályozások stabilitását vizsgáltuk az erősítési tényezők értékeinek időbeni periodikus változtatása esetén. A cél a stabilitás robusztusságának növelése, és a súrlódás jelenlétében keletkező beállási pontatlanság csökkentése. Többfajta periodikus változtatást kipróbáltunk, többfajta periódusidővel. A legjobb eredményt az ún. „beavatkozok és várok” („act and wait”) módszerrel kaptuk, melynek elvi lényege az, hogy a szabályozó működik egy mintavételezési időtartamig, majd kikapcsoljuk a szabályozót, és a rendszerben jelen levő időkésés idejére a rendszer szabadon mozog, majd újra bekapcsoljuk a szabályozást egy mintavételezési időtartamig stb. Ezzel a módszerrel az elméleti számítások alapján a beállási idő ötödére is csökkenhet, a beállási pontosság meg nagyságrenddel növekszik. Ezt a szabályozást, mivel időfüggő paramétert tartalmaz, nem lehet a rendszertechnika hagyományos eszközeivel kezelni, hanem a Floquet elmélet alapján kell vizsgálni.

Az autóiparban használt acéllemezek termikus egyengetése igen gyakori feladat. Ezek modellezése nem egyértelmű, mivel igen összetett technológiáról van szó. Végeselemes modellezéssel vizsgálhatók a hevítés során lejátszódó folyamatok, meghatározhatók a várható alakváltozások, illetve korlátozott alakváltozások esetén a maradó feszültségek. A maradó feszültségek ismerete a várható élettartam szempontjából lényeges, az alakváltozások ismerete pedig az alakhűség elérése szempontjából mindenképpen szükségesek. Különösen fontosak ezek a szempontok, az autógyártásban egyre inkább elterjedő nagy szilárdságú acélok esetében, így a témakör iránt jelentős az érdeklődés az autógyártók és a karosszériaajavítással foglalkozó szakemberek részéről. Acéllemezek pontszerű hevítése során lejátszódó folyamatokat vizsgálva a végeselemek módszerével, különböző modellezési lehetőséget is megvizsgálva. Egyszerű modelltől kiindulva egyre bonyolultabb és bonyolultabb modellek oldhatók meg. A modellezés eredményeit, termikus egyengetési kísérletek eredményeivel hasonlítottuk össze.

Budapest, 2006. február 14.

.....
Dr. Ginsztler János
Tanszékvezető egyetemi tanár
s.k.