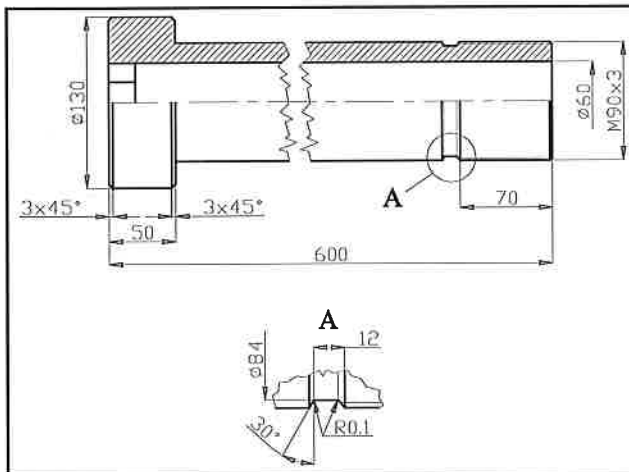


Egy csavartörés okainak elemzése

Dr.Marosfalvi János*1 – Dr.Czigány Tibor*1 – Dr.Dévényi László*2 –Dr.Havas István**2

Bevezetés

Egy 100 tonnás, négyoszlopos, gumiiipari hidraulikus prés 2000 kg tömegű medvéjét tartó csavar (1. ábra) üzem közben váratlanul eltörtött a menetkifutásnál.



1.ábra. A vizsgált csavar fő geometriai méretei

A csavarkötés illetve a présgép (ismeretlen eredetű, életkora kb. 40 év) környezettanulmányozása során a következőket állapítottuk meg:

- A medvevezető oszlopokon berágódási nyomokat vagy egyéb, a medve befeszülésére utaló nyomokat nem találtunk. Ebből arra következtetünk, hogy a medve csavartörés előtti „utolsó” emelésekor medve-befeszülésből a csavarra nézve rendellenes, járulékos igénybevétel nem származhatott.
- A medve csavartörés előtti „utolsó” emelésekor nem történt túlemelés a felső holtpontra, ebből csavartúlterhelés nem származhatott.
- A törött csavar külső felülete nagyoló forgácsolással készült, míg a belső felülete megmunkálatlan és lekerekítéssel csatlakozik a csavarfejbe kimunkált hatszögletes kulcsnyílásához. A töretfelület szemrevételezésekor, első közelítésben is megállapítható volt, hogy a felület egy része fáradásos törésre utal, míg a felület más részeiből statikus, rideg jellegű törésre következtetünk. A töretkép (2. ábra) egy olyan kristályos töret, amelyben fellelhetők „klasszikus” fáradásos repedési frontok, de a töretkép elsősorban rideg jellegű.

Míndezek alapján megállapítottuk, hogy nem egy szokványos törésről van szó, így vizsgálatunkat kiterjesztettük és egy komplex analízist (mérés, számítás, modellezés) végeztünk a törés okainak valószínűsítése érdekében.

Eredmények

Az anyag azonosítása

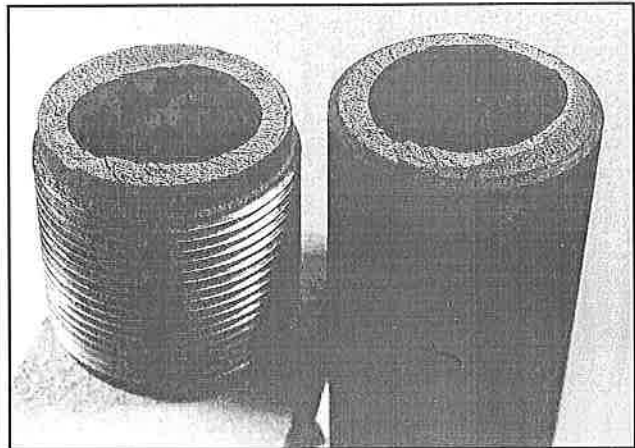
Mivel a csavar anyagára vonatkozóan megbízható adattal nem rendelkeztünk, és a vizsgálatok alapját az anyag tulajdonságai szolgáltatják, szükséges volt annak azonosítása, amelyet az Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt. (AGMI) laboratóriuma végzett el.

* egyetemi docens

** tudományos főmunkatárs

1 BME, Gépszerkezettani Intézet, Gépelemek Tanszék

2 BME, Mechanikai Technológia és Anyagszerkezettani Tanszék

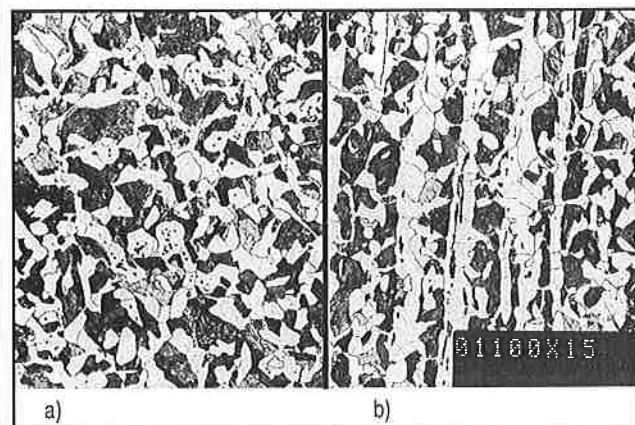


2.ábra. A törött csavar darabjai

A kémiai összetétel alapján a csavar anyaga a DIN 17240 szabvány szerint C35-ös, míg az MSZ EN 10083 szabvány szerint 2C35 ill. 3C35-ös acélnek felel meg (C=0,38%, Si=0,21%, Mn=0,67%, S=0,031%, P=0,026%, Cu=0,12%, Cr=0,06%, Ni=0,04%, V<0,01%, Mo=0,01%, Al<0,01%, N₂=0,015%).

Tapasztalatok szerint, a mintegy negyven évvel ezelőtt gyártott szerkezeti elemek alakváltozási és szilárdsági tulajdonságai nem mindenben feleltek meg az egyébként létező szabványok előírásainak. Gyakori volt, hogy a visszamaradó feszültségek, megfelelő hőkezelés hiányában keménységkülönbséget okozva mikrorepedések kiinduló pontjaivá válhattak [1]. Általános műszaki megfontolás szerint a csavar anyaga elvárhatóan nemesített állapotú kell hogy legyen. Ezért megvizsgáltuk az anyag szövetszerkezetét, továbbá a töretfelület elemzése mellett, mechanikai vizsgálatokat is végzünk.

A mikroszkópos vizsgálat alapján megállapítható, hogy a csavar acélöntvény, mivel a ferritből és finom lemezperlitből álló szövetszerkezetében a hálószerűen elhelyezkedő, ún. peremferritbe zártan jól felismerhetők a primér, részben közepes szemmagyságú globulitos, részben oszlopos kristallizhatóak mentén kivált, alakítatlan, eutektikus (pálcika és göbös alakú) oxidos-szulfidos zárványok (3. ábra). A szövetszerkezet alapján egyértelmű, hogy a csavart nem nemesítették, sőt valószínű, hogy egyáltalán nem is hőkezelték.



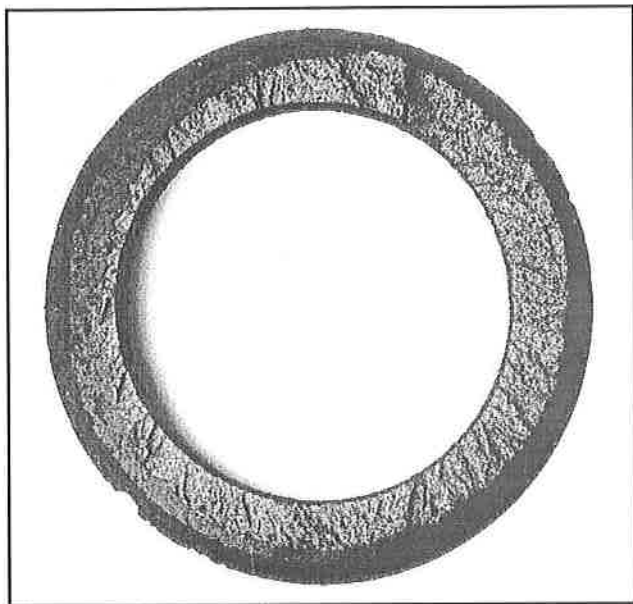
3. ábra. A csavar anyagának szövetszerkezte a törés síkjával párhuzamos (a) és arra merőleges (b) metszetben.

Kb. 80 x-os (eredeti nagyítás: 100 x)

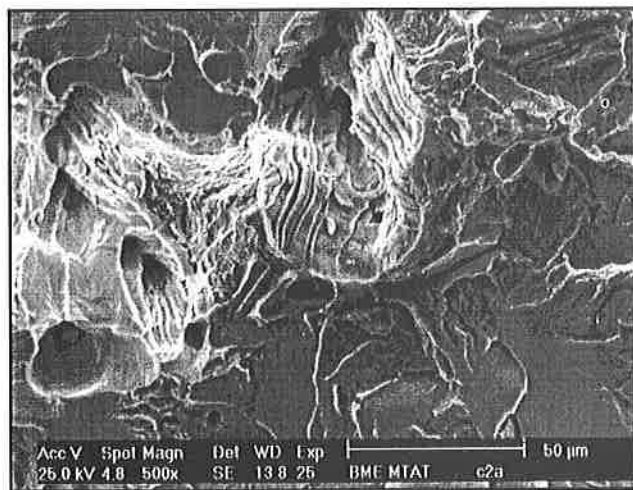
KÁRELEMZÉS

A töretfelület elemzése

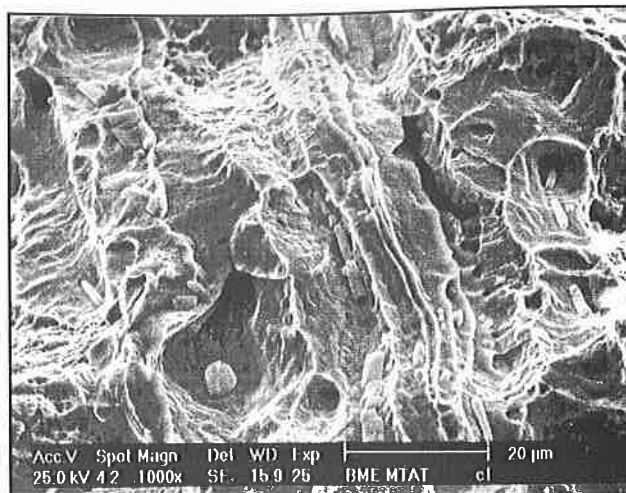
A törés jellegének – fáradásos vagy/és rideg – megbízható feltárá-
sára mikroszkópos vizsgálatokat végeztünk. Az előzetes optikai vizsgálá-
tokat Nikon SMZ-2T sztereomikroszkópon végeztük, az elektron-
mikroszkópi felvételek Philips XL30 típusú berendezésen készültek. A
vizuális, és a pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok előtt a mintá-
kat alkoholos tisztításnak, és ultrahangos mosásnak vetettük alá.



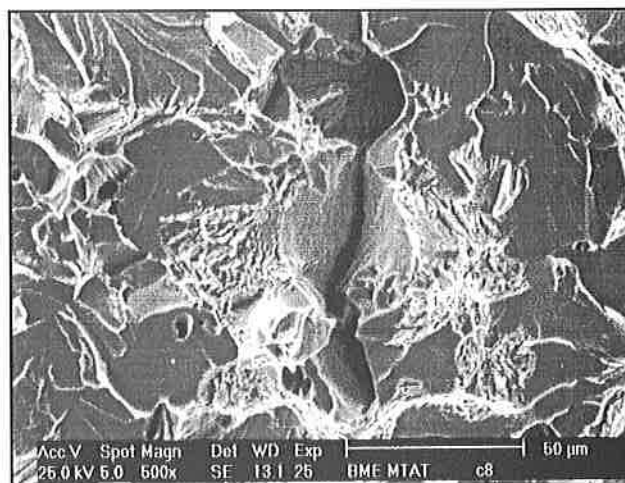
4. ábra. Csavar töretfelülete, makrofelvétel



5. ábra. A töretrészek határa



6. ábra. Fáradásos töretész



7. ábra. Rideg töretész

következő ún. „folyó vonalak” is. Megfigyelhető, hogy a repedések oldal-
falai is mentesek a fáradásos terjedésre jellemző vonalcsoportoktól.

Igazolást nyert, hogy a töret két jellegzetes része egyrészt fáradásos
töretre utal, több helyen oxidálódott, más része, a maradó keresztmet-
szet „statikusan” tört, rideg jellegű.

Tekintve a törés fáradásos jellegét, megvizsgáltuk, hogy méréses
illetve számításos ellenőrzés alapján, várható volt-e kifáradás.

Szakító- és ütőmunka vizsgálatok

Vizsgálatokat végeztünk egyrészt sima, hengeres, másrészt a csavar
geometriai kialakításának megfelelő bemetszett szakítópróbatesten
(1. táblázat 5 és 6 jelű sorok), valamint ütőmunka-vizsgálatokat is
végeztünk a következők szerint.

A csavar szárából 4 mm átmérőjű sima és bemetszett szakítópróba-
testeket, valamint ISO-V típusú ütőmunka-próbatesteket munkáltunk ki.
Utóbbiaknál a bemetszés a csavarszár palástjára merőlegesen készült.

Jel	r mm	α_K	R_{eH} MPa	R_m MPa	R'_{10} MPa	φ_U	Z %	W_c J/cm ³	A_5 %
1	∞	1,0	571	635	932	0,55	42,0	427	12
2	∞	1,0	573	639	950	0,56	43,0	446	15
3	1,0	1,7	863	908	1158	0,33	28,1	341	
4	1,0	1,7	810	888	1132	0,31	26,8	315	
5	0,1	4,2	919	983	1015	0,08	7,9	82	
6	0,1	4,2	903	983	1010	0,08	7,4	77	

1. táblázat. Szakítóvizsgálati eredmények

A töret már szemrevételezéssel is két jellegzetes részre bomlik: a
külső kerület menti több helyen oxidált, míg a belső durvább jellegű, és
csillogó, vagyis időben később keletkezett (4. ábra).

A két eltérő jellegű töretész határát mutatja az 5. ábra, ahol az elek-
tronmikroszkópos felvételen 500-szoros nagyításban jól látszik a tipikus
fáradásos és mellette a síklapok menti rideg jellegű felületész.

Megvizsgálva külön a fáradásos és a rideg töretfelületeket a követ-
kezők állapíthatók meg. A 6. ábrán a csavar külső övrészének fáradásos
repedésterjedése látható 1000-szeres nagyításban, ahol a mikrométer
körüli vastagságú szulfid zárványrészecskék is látszanak.

A 7. ábra az övrész belső, durvább jellegű, csillogó, vagyis időben
utoljára keletkezett, nagy szimmetriájú kristálysíkok mentén ridegen el-
tört felületét mutatja be 500-szoros nagyításban.

A rideg jelleget bizonyítják a hasadási síkok lépcsőzött jellegéből

Valamennyi vizsgálatot szobahőmérsékleten végeztük. A szakítóvizsgálatok eredményei az 1. táblázatban, míg az ütővizsgálati eredmények a 2. táblázatban láthatók.

A táblázatban használt jelölések:

- r – bemetszett próbák lekerekítési sugara
- α_K – feszültségkoncentrációs tényező
- R_{eH} – felső folyáshatár
- R_m – szakítószilárdság
- R'_u – valódi törési feszültség
- φ_u – valódi törési nyúlás
- Z – kontrakció
- W_c – fajlagos törési munka
- A_5 – a sima próbatest nyúlása

Jel	Ütőmunka J
1	10
2	10
3	15

2. táblázat.
Ütővizsgálati eredmények

Az eredmények alapján megállapítható, hogy bár a hőkezeletlen öntvény anyagának a sima, hengeres próbatesteken mért szilárdsági jellemzői megfelelnek a C35-ös nemesített szénacélra előírt értékeknek, de – természetesen – az A_5 %-os nyúlása és még inkább az ütőmunkája (amelyek egyébként a hőkezeletlen öntvényre jellemző értékek) lényegesen kisebb a nemesített acélra előírtánál (az ütőmunkára min. 40 J).

A csavar menetkifutásának környezeti geometriáját modellező bemetszett próbatesteken mért adatok és az ütőmunka vizsgálatok eredményei az anyag ridegtörésre való hajlamára utalnak, ami a feszültségkoncentrációval és a dinamikus igénybevétellel szembeni érzékenységekben jelentkezik.

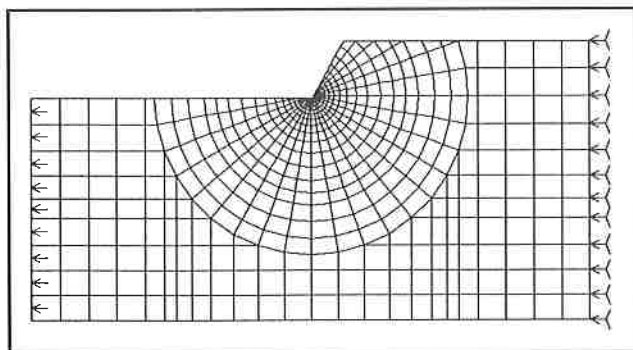
Szakmai tapasztalatok és hasonló káresetek elemzése szerint nagy biztonsággal állítható, hogy ha a W_c fajlagos törési munka kisebb 150 J/cm³-nél – esetünkben 80 J/cm³ –, akkor a szerkezet rideg törésre hajlamos [2].

Terheléstörő (alak-) tényező meghatározása numerikus módszerrel

Az alkalmazott végeelemes program: COSMOS/M V1.71A. A beszűrés környezetének geometriai modellje a 8. ábrán látható.

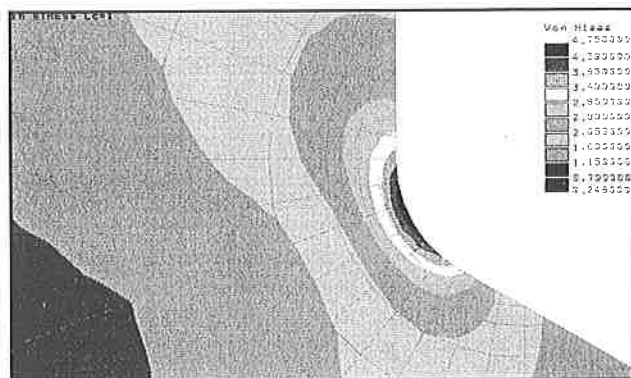
A végeelemes modell jellemzői:

- Elemípus: PLANE2D, 4 csomópontos izoparametrikus 2D-s elem, csomópontonként 2-2 translációs szabadságfokkal.
- Csomópontok száma: 652.
- Szabadságfokok száma: 1208.
- Elemszám: 610.
- Anyag: acél, a rugalmassági modulus 200 000 MPa, Poisson-szám: 0,3



8. ábra. Végeelemes modell

- Terhelés: Az Ø84/Ø60 homlokfelületen 1 MPa húzófeszültség.
- Peremfeltétel: Az Ø90/Ø60 homlokfelületen valamennyi csomópont axiális irányban megfogott, radiális irányban szabadon elmozdulhat.
- A 9. ábrán az $r = 0,1$ mm-es beszűrés közvetlen környezetében kialakuló redukált feszültség (Henky-Huber-Mises-téle) kinagyítása látható.



9. ábra. Redukált feszültség

Az ábrából jól látható, hogy a lekerekítés közvetlen közelében kialakuló feszültség eléri a 4,75 MPa értéket, ami az 1 MPa-os névleges (terhelő) feszültséghez viszonyítva $\alpha_K = 4,75$ alaktényezőjű feszültséggyűjtő hatást jelenet.

A lengőszilárdság meghatározása egyszerűsített számítási módszerrel

A rendelkezésre álló kifáradási diagramokat adott átmérőjű polírozott próbatestekre állapították meg. Ezért ezek az eredmények bizonyos korrígálást igényelnek a gépalkatrészek méretezésénél történő felhasználáskor [3].

A kifáradási határt befolyásoló hatások száma jelentős, amelyeket célszerű külön csoportosítani. A befolyásoló tényezők többsége csökkenti, míg vannak olyan körülmények, amelyek növelik a kifáradási szilárdságot. A kifáradási jellemzőket befolyásoló körülmények:

- vizsgálati frekvencia (b_1),
- a gépalkatrész nagysága (b_2),
- a felületi érdesség és a korrózió (b_3),
- a felületi kezelés (b_4),
- a hidegalakítás fajtája (b_5),
- a hőmérséklet (b_6),

A fentiek alapján az alkatrésze számított lengőszilárdság:

$$\sigma_{valk} = \frac{\sigma_V \cdot b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot b_4 \cdot b_5 \cdot b_6}{\beta_K} \quad (1)$$

ahol:

σ_V – az anyagra vonatkozó lengőszilárdság (húzás-nyomás igénybevételre a C35-ös nemesített anyag esetén szabványos értéke 260 MPa), β_K – gátlástényező, mégpedig:

$$\beta_K = 1 + \eta_K \cdot (\alpha_K - 1) \quad (2)$$

ahol:

η_K – érzékenységi tényező

α_K – alaktényező

A fentiek alapján, a kifáradási határt befolyásoló tényezők figyelembe vételével a gátlástényező és a csavarra számított lengőszilárdság:

$$\beta_K = 3,08$$

$$\sigma_{valk} = 30,4 \text{ MPa}$$

KÁRELEMZÉS

A számításokat elvégeztük a TGL 19340 számú „Dauerfestigkeit der Maschinenbauteile” szabvány szerint is 90%-os túlélési valószínűség mellett. Ennek értelmében:

$$\sigma_{valk.} = \frac{\sigma_v}{K} \quad (3)$$

amelyben K az összhatástényező:

$$K = \left(K'_\sigma + \frac{1}{K_{F\sigma}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V} \cdot \frac{1}{K_A} \quad (4)$$

ahol:

K'_σ – formatényező,

$K_{F\sigma}$ – felületérdességi tényező,

K_V – keménységi tényező,

K_A – anizotrópia tényező.

$$K'_\sigma = \frac{K_\sigma(d)}{K_2(d)} \quad (5)$$

ahol:

$K_\sigma(d)$ – gátlástényező,

$K_2(d)$ – mérettényező.

$$K_\sigma(d) = 1 + (\alpha_\sigma - 1) \cdot q \quad (6)$$

ahol:

α_σ – alakitényező,

q – bemetszési érzékenység.

$$\alpha_\sigma = 1 + \frac{1}{\sqrt{A \frac{r}{t} + 2B \frac{r}{d} \left(1 + 2 \frac{r}{d} \right)^2 + C \left(\frac{r}{t} \right)^z \frac{d}{D}}} \quad (7)$$

ahol:

A, B, C, z – az igénybevétel módjától függő tényezők,

r – a beszúrás lekerekítési sugara,

t – a beszúrás mélysége,

d – a beszúrás átmérője,

D – a teljes átmérő.

Míndezek alapján a gátlástényező és a csavarra számított lengőszilárdság:

$$K_\sigma(d) = 2,94$$

$$\sigma_{valk.} = 70,3 \text{ MPa}$$

Megjegyezzük, hogy a fenti számítás a csavar üzem közbeni igénybevételének (húzás-nyomás) megfelelően végeztük. Feltételezve, hogy esetleges hajlító terhelést is kaphatott a csavar, ha a felfekvő felületek párhuzamossága nem volt megfelelő, a fenti számításorozatot hajlító igénybevételre is elvégeztük, ahol a lengőszilárdság 80 MPa-ra adódott, amely még nagyobb is, mint húzás-nyomás esetén.

Ellenőrzés kifáradási biztonságra

A mechanikai vizsgálatok és a számítások eredményeként a különféle feszültségfolyásokhoz kiadódnak a kifáradási határfeszültségek, amelyeket Smith-diagramban ábrázoltuk.

Szereléskor a csavarban ébredő előfeszítő erőt a meghúzási nyomatékából számoltuk.

$$F_v = \frac{M}{\frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{d_2}{2} \cdot t \rho' + \frac{d_a}{2} \cdot \mu_a} \quad (8)$$

ahol:

F_v – előfeszítő erő

M – meghúzási nyomaték

d_2 – a menet középtátmérője

α – a menetemelkedés szöge

ρ' – látszólagos sűrűdési félkúpszög

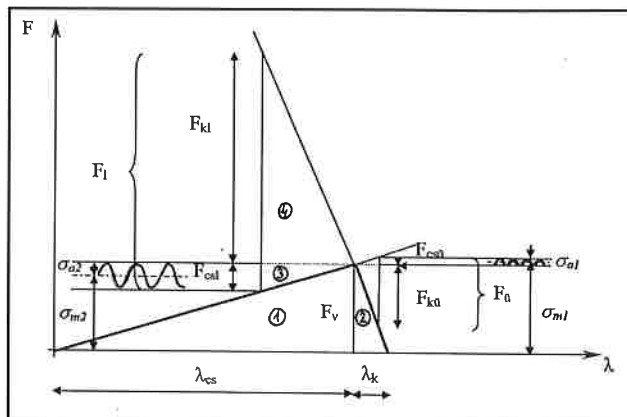
d_a – az anya homlokfelületének a középtátmérője

μ_a – sűrűdési tényező az anya homloklap felületén

Ahhoz, hogy megállapítsuk, hogy az előfeszítő erő mekkora része jut a csavarra és mekkora a közrefogott elemre, szükséges a lazítóerő és a rugómerevségek kiszámítása. A csavar lelazulásához szükséges erő a hasznos felületből és a maximális nyomásból számítható: $F_l = A \cdot p_{max}$

A rugómerevségek a keresztmetszetből, a rugalmassági modulusból valamint a hosszából számíthatók: $S = A \cdot E / l$.

A rugómerevségek közötti nagyságrendbeli eltérés nem teszi lehetővé a lazítóerő arányos felrajzolását, ezért a 10. ábrán egy torzított, az érthetőséget szolgáló diagramon mutatjuk be az előfeszítőerő és a lazítóerő kapcsolatát.



10. ábra. A lazítóerő és az előfeszítőerő kapcsolata

A csavar nyúlása (λ_{csavar}) és a közrefogott elem (medve) összenyomódása ($\lambda_{közrefogott}$) az előfeszítőerő és rugómerevségek (iránytangens) hányadosából számíthatók. Mivel a csavar sokkal lágyabb (rugómerevsége 1 nagyságrenddel kisebb) a kiszámított lazítóerő nyomáskor (préseléskor) fog hatni.

Az ábra alapján látható, hogy az ① háromszög hasonló a ③ háromszöghöz, valamint a ② hasonló a ④ háromszöghöz. Tudva, hogy a megnyúlások illetve összenyomódások a rugómerevségek iránytangensei, valamint, hogy a lazítóerő a csavarra és a közrefogott elemre jutó erők összege, számítható a csavarra jutó terhelés lazításkor:

$$F_{cst} = \frac{F_l \cdot \lambda_k}{\lambda_{cs} + \lambda_k} \quad (9)$$

Üzemi terheléskor a csavarra jutó erőt az előző eljárás alapján a hasonló háromszögekből számíthatjuk:

$$F_{cst} = \frac{F_u \cdot \lambda_k}{\lambda_{cs} + \lambda_k} \quad (10)$$

A biztonsági terület megállapításához szükséges a középfeszültségek és azok lengő intervallumának számítása:

Emeléskor a $\sigma_{m1} = 12,8 \text{ MPa}$, sajtoláskor a $\sigma_{m2} = 11,8 \text{ MPa}$ középfeszültséghez tartozó kifáradási határ a diagramból $\sigma_A \cong \sigma_v = 30 \dots 70 \text{ MPa}$. A számított ismétlődő terhelés $\pm \sigma_{a1} = 0,2 \text{ MPa}$ illetve $\pm \sigma_{a2} = 0,9 \text{ MPa}$.

Belátható, hogy a csavar ismétlődő igénybevétele nagyságrenddel kisebb a kifáradási határnál, vagyis a számítások szerint, nemesített csavar esetén, fáradásos törés nem várható.

Következtetések

Az előző fejezetekben mért és számított eredmények alapján levonható következtetések:

– A csavarmenet kifutási horony nem felel meg a szokásos, hazai és nemzetközi szabványokban ill. műszaki irányelvekben rögzített geometriának.

riai kialakításnak. A vállátmenet lekerekítési sugara szinte mérhetetlen, $0,1 \text{ mm} \ll 3 \text{ mm}$ -nél, amely az előírás. Emiatt az "éles bemetszés" miatt az alaktényező $\alpha_k = 4,2 \dots 4,75$, ami károsan nagy.

– A csavar funkciójának ismeretében általában elvárható lett volna, hogy a C35 anyagból készített csavart hőkezeljék, nemesítsék. Viszont, kimutattuk, hogy a csavart öntött és hőkezeletlen állapotban építették be a prégépbe. Ezt valószínűsíti mindenekelőtt az alacsony ütőmunka és a törés helyét modellező bemetszett szakítópróbatesteken ($\alpha_k = 4,2$) mért rendkívül alacsony törési munka. Anyagtudományi ismeretek és tapasztalatok szerint, ha a törési munka (W_c) kisebb 150 J-nál, akkor az anyag ridegtörésre hajlamosná válik. A csavar anyaga jelenlegi állapotában megengedhetetlenül rideg.

– Ezt erősítik az optikai felületvizsgálat és elsősorban az elektronmikroszkópi felvételek. A törétfelület ugyan a fáradásos jellegű töréseknél szokásos kettős jellegűt mutatja, de eltér és kevésbé felel meg egy „klasszikus” fáradásos törés jellegzetes képének. Utóbbi ugyanis a fáradásos folyamatban fokozatosan előrehaladó törési front esetén kagylós, vonalas szerkezetű, míg a tényleges törés pillanatában, statikusan elszakadó felület szemcsés, kristályos. A két felület optikailag is jelentősen különbözik, szabad szemmel is jól megítélhető a minősége. Esetünkben is felismerhető a mikroszkópi felvételeken a fáradásos jellegű, vonalas szerkezetű törétfelület, némi képlékeny alakváltozást mutató részekkel, de ez jól láthatóan „keveredik” rideg törést mutató részekkel. A statikusan elszakadó felület rideg törésképet mutat.

– Az előző két pontban tapasztaltak lehet az oka az, hogy a nemzetközileg is elfogadott és a klasszikus fáradásos törésekre nagy megbízhatósággal alkalmazható kifáradási biztonság számításai szerint a csavar megfelelő biztonságúnak mutatkozik ugyan, de mégsem felelt meg a „végtelen” élettartamnak. A szokásos számítások – amint ez az eset is mutatja – az ilyen rideg viselkedést is mutató anyagok tulajdonságait nem tudják megbízhatóan figyelembe venni.

– Vélelmeztük, hogy a csavar anyaga jelenlegi állapotában megengedhetetlenül rideg. Ennek oka lehet: ilyen volt az alapállapota, vagy „életében” vált ilyené. Feltételezhető, hogy már alapállapotában is ridegebb volt az elvárhatónál – mivel az öntött csavart nem hőkezelték –, de a mérések alapján nem zárható ki az sem, hogy ridegségét időközben az ún. alakítási öregedés is fokozhatta. Ennek mechanizmusa röviden a

következő: ha a csavart „életében” akár egyszeri, kismértékű képlékeny alakváltozással járó túlterhelés érte, ami nem zárható ki, hisz történetét nem ismerjük, valamint tartósan $50 \dots 60^\circ\text{C}$ -on üzemelt, ez szintén nem zárható ki, akkor a nitrogén diffúziója miatt elképzelhető egy olyan fémtani folyamat, amely a jelenlegi ütőmunkát eredményezi. Ennek veszélyét öntéskor alumínium csillapítással lehet csökkenteni illetve elkerülni mivel az Al lekötő a nitrogént. Ezért vizsgáltuk a savban oldható Al-tartalmat. Ez igen alacsony, ezért valószínű, hogy nem Al-al csillapított anyagról van szó, így ez a folyamat is lejártsódhatott növelve a jelenlegi ridegtörési hajlamot.

Összefoglalás

Cikkünkben elemeztük azokat a lehetséges okokat, amelyek előidézhették egy hidraulikus prégép medvetartó csavarjának törését. Kémiai összetétel alapján azonosítottuk a csavar anyagát. Optikai és elektronmikroszkópos felvételekkel vizsgáltuk az anyag szövetszerkezetét és a törétfelületét. Nemzetközileg is elfogadott számításokkal és numerikus, véges elemek módszerével meghatároztuk a törés geometriai környezetében ébredő, feszültségterelőrást okozó α_k alaktényezőt. Ez utóbbit, a csavar anyagából kimunkált, bemetszett próbatesteken is vizsgáltuk. Szakító- és ütőmunka vizsgálatokat végeztünk, feltárva néhány, a törés jellegét magyarázó szilárdsági jellemzőt. Valószínűsített feltevések mellett számításokkal meghatároztuk a csavar kifáradási biztonságát.

Elemzéseink alapján meg kell állapítanunk, hogy egyetlen, minden kétséget kizáró törésokot nem találtunk. Amint az a hasonló esetekben eddig is több ízben bebizonyosodott, a törést több kedvezőtlen hatás együttese, véletlenszerű egybeesése idézhette elő. Az anyag ridegtörési hajlama, amint azt a jelenlegi és számos hasonló káreset tanúsítja, váratlan törést okozhat. Ebből a szempontból alapvető hiányosság, hogy az öntött acélcavart hőkezeletlenül építették be a prégépbe.

Irodalom

- [1] Blumenauer, H. – Pusch, G.: Műszaki törésmechanika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987
- [2] Fémekek és szerkezetek törése, GTE, Budapest, 1986
- [3] Zsáry, Á.: Méretezés kifáradásra a gépészetben, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965

HÍREK

A XI. RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLÓ SZEMINÁRIUM a hitelesítés és kalibráció az anyagvizsgáló laboratóriumokban témakört tárgyalja **2000. április 19-én 10 órai kezdettel** a Budai Technika Háza (Budapest, II. Fő u. 68.) VII. emeleti előadótermében. A rendezvényt a Gépészeti Tudományos Egyesület Anyagvizsgáló Szakosztálya szervezi. Minden érdeklődőt szívesen látnak.

GÉPÉSZET 2000 – intelligens gépek – új anyagok – új eljárások – KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS május 25–26. között a **Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen**. A rendezők, a Gépészmérnöki Kar Dékáni Hivatala, a kiállítók jelentkezését március 31-ig, míg a résztvevőket május 15-ig fogadják. Cím: Gépészet 2000, 1521 Budapest, Pf. 91.

Tájékoztató olvasható a <http://goliat.eik.bme.hu/g2000> honlapon, illetve kérhető a g2000@eik.bme.hu e-mail címen.

AZ ERDÉLYI MAGYAR MŰSZAKI TUDOMÁNYOS TÁRSASÁG (EMT) az idén nyolcadik alkalommal **rendezi meg** – a Miskolci Egyetem és az Erdélyi Múzeum Egyesület közreműködésével – ezúttal **Marosvásárhelyen április 7–9. között az Országos Gépészeti Találkozót**. A gépészet az évezred végén gondolat jegyében áttekintik a CAD–CAM tervezés, gyártás és irányítás, a fogaskerék-hajtások, valamint a minőségbiztosítás és a környezetvédelem témaköröket. Részletes tájékoztató kérhető az EMT Gépészeti Szakosztályától (elnöke dr. Csibi Vencel), levélcím: RO-3400 Cluj, POB.1-140., E-mail: emt@emt.ro, illetve olvasható a <http://www.emt.ro> Weboldalon.