

BEMETSZÉSÉRZÉKENYSÉG ÉS FOGTŐREPEDÉS VIZSGÁLATA SZALAGFŰRÉSZ LAPOKON

Dr. Dobránszky János
tudományos főmunkatárs

Magyar Tudományos Akadémia Fémtechnológiai Kutatócsoport

Magasdi Attila
PhD. hallgató

Prof. Ginszler János
egyetemi tanár

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Abstract

A szalagfűrészlapok a ffeldolgozó-ipar nagy tömegben felhasznált szerszámai. Alapanyaguk általában ötvözetlen, ill. Cr-mal gyengén ötvözött szerszámacél. A szalagfűrészlapok fáradásos igénybevételi jellemzőinek ismertetése után jellegzetes káresetek vannak bemutatva, amelyek a szalagfűrészlapok törésére vezethetők vissza, és ezek alapján egy fel lett állítva egy átfogó rendszerezés a szalagfűrészlapok törésének típusairól és kiváltó okairól. A törések egyik tipikus forrása a hegesztési varrat, és a hőhatásövezet, amelyek varrathibák, illetve elégtelen szívósság miatt válhatnak a törések kiindulópontjává. A másik érzékeny pont fáradásos törés szempontjából a fogtő, amely feszültséggyűjtő helyként viselkedik. Ismertetve vannak a speciálisan a fogtő bemetszésérzékenységeinek vizsgálatára kidolgozott anyagvizsgálati módszerek, továbbá az ezekből felépített vizsgálati program eredményei többféle szalagfűrészlap alapanyagként felhasznált szerszámacél összehasonlítása keretében. A vizsgálati eredmények felhasználásával kidolgozódott egy, a bemetszésérzékenység értékelésére szolgáló minősítési szempontrendszer, amely alkalmas a szalagfűrészlapok alapanyagának a bemetszésérzékenységeinek a minősítésére.

1. Bevezetés

A szalagfűrészlapokat nagy mennyiségben használja fel a ffeldolgozó ipar. A szerszámokkal kapcsolatos elvárások erőteljesen növekednek: nagyobb vágáspontosságot, nagyobb élettartamot vár el a piac a szalagfűrészlapok gyártóitól. Ezeknek az igényeknek a kielégítésére erőteljes kutatásokat folytatnak a vezető európai és észak-amerikai gyártók, amelyek egyik iránya a nagyobb előfeszíthetőség biztosítása. A nagyobb előfeszítés javítja a vágáspontosságot, ugyanakkor fokozza a szerszám kifáradásra való igénybevételét, tehát növeli a fáradásos törés kockázatát [1-4].

A szalagfűrészlapok anyagai jellemzően ötvözetlen vagy krómmal gyengén ötvözött szerszámacélok. A vezető minőségek a C60, a Ck75, a C75Cr és az 50CrV4 amelyeket nemesített állapotban használnak fel, és a vágóeleket keményfém- vagy gyorsacéllappával látják el [5-9].

A szerszámok igénybevétele 3 tényező együttes hatásából adódik:

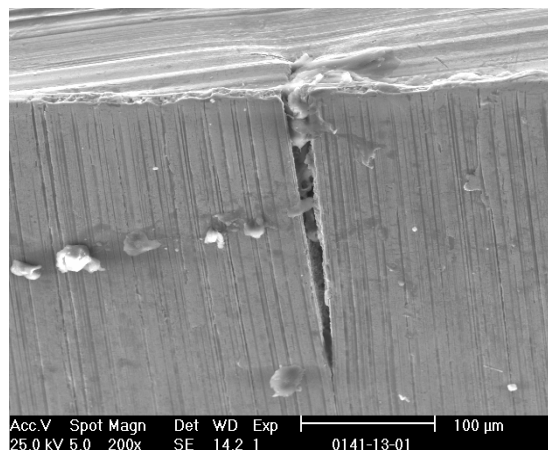
1. a szerszám előfeszítése (egytengetű húzás)
2. a hajtókerék görbületi ívének felvételekor létrejövő hajlítás
3. a vágáskörnyezeti terhelések.

A harmadik csoportba sorolt terhelések annyira bonyolultak, hogy azok elemzése külön kutatások tárgya, az első két csoportba sorolt egyszerű terhelések viszont jól leírhatók, és együttesen a szerszám fáradásos terhelését jelentik [4-5, 7-8], amelynél a középfeszültséget az előfeszítés adja, amire szuperponálódik a hajlításból eredő húzófeszültség a lap külső oldalán, ill. nyomófeszültség a lap belső oldalán. Ez a terhelés a felelős a szerszámok töréseinek túlnyomó részéért, amelyet fogtörepedés képződése vezet be [10,11].

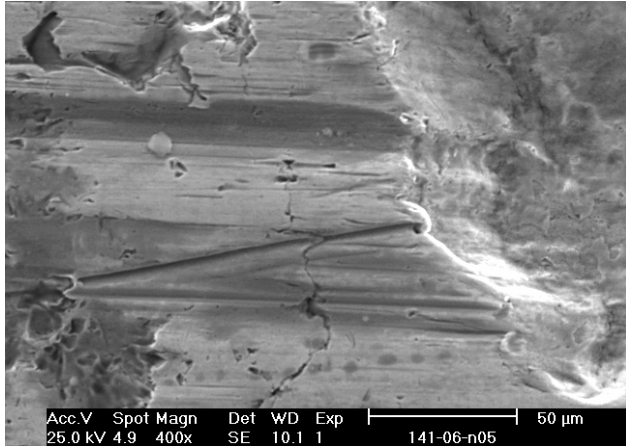
2. Tönkremenetel típusok csoportosítása károsodás analízissel

A szalagfűrészlapok törése minden esetben fáradásos jellegű. A káresetek elemzése arra mutatott rá, hogy a szerszámtöréseket az alapján célszerű osztályozni, hogy a fáradásos törés első szakasza, a repedésképződés milyen kiváltó tényezőre vezethető vissza. Ebből a szempontból a töréseket a következő típusokra lehet osztani:

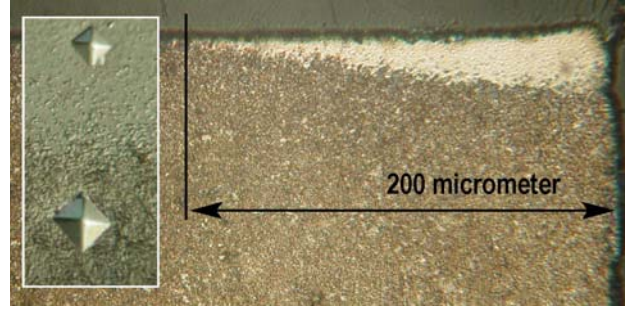
1. Közöséges fogtörepedés: a hajlításból származó húzófeszültség okozza a fűrészlap külső oldalán (1. ábra).
2. Berepedés a szerszám felületén: a fűrészlaptest csiszolásakor keletkezhet mindkét (külső és belső) oldalon (2. ábra).
3. Kőszőrülés okozta repedés: a fogélszalagon jöhet létre a kőszőrűkő kifutási oldalán annak következtében, hogy egy keskeny sávban martenzit keletkezik (3. ábra).
4. Kőszőrülési sorja okozta repedés: a fogélszalagon jöhet létre a kőszőrűkő kifutási oldalán annak következtében, hogy a kőszőrülési sorja mikrorepedései továbbterjednek a laptésben (4. ábra).
5. Hegesztési varratban keletkező repedés: a varratfémbe keletkezhet, ha abban martenzit keletkezik a helytelen hegesztési technológia következtében. (5. ábra).
6. Hegesztési varratban keletkező repedés: a varratfémbe keletkezhet, ha abban melegrepedés vagy varrathibák (porozitás) alakulnak ki (6.a ábra).
7. Hidegrepedések a hőhatásövezetben (6.b ábra): elégtelen előmelegítési illetve hőntartási paraméterek eredménye képpen martenzit jelenik meg a hőhatásövezetben (6.c ábra).



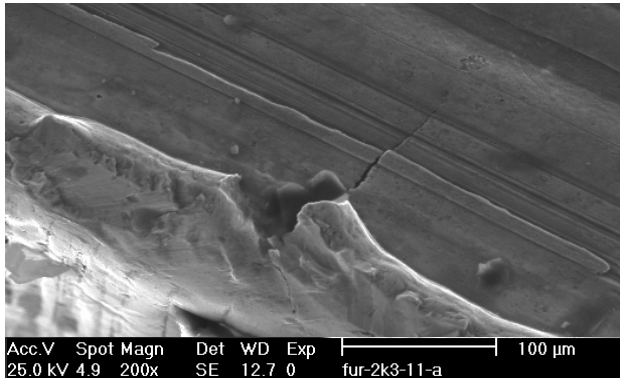
1. ábra Általános fogtörepedés



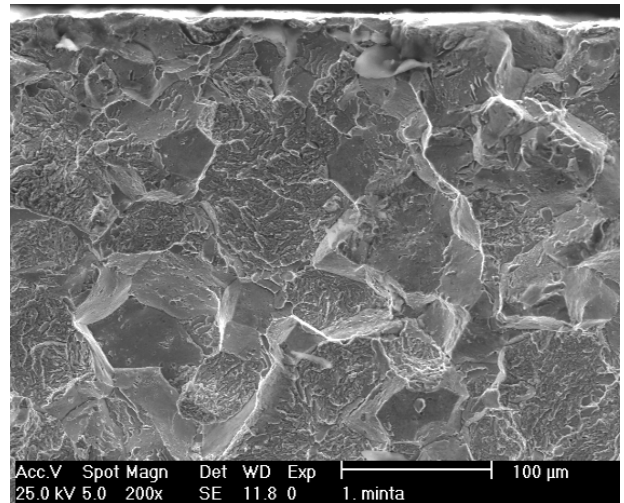
2. ábra Kőszörülés okozta felszíni repedések



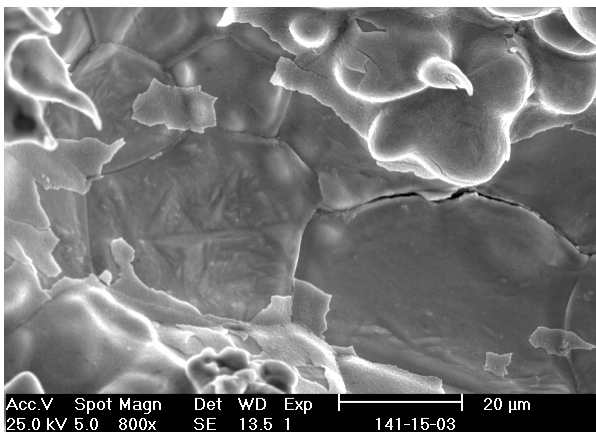
3. ábra Kőszörülés hatására képződött martenzit



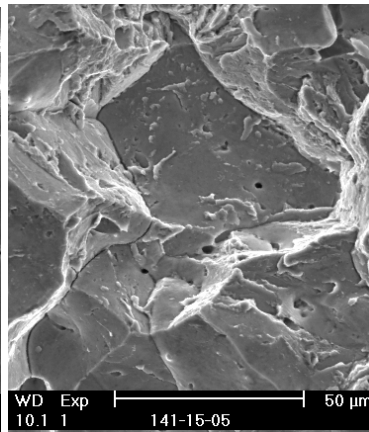
4. ábra Kőszörülés által "megégett" felszín repedése



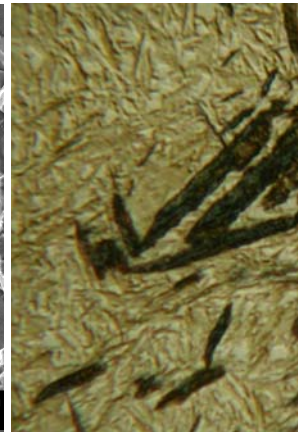
5. ábra Hegesztett varrat rideg törete



a)



b)



c)

6. ábra a) Melegrepedések a varratban b) Hidegrepedés és martenzit (optikai mikroszkóppal 6.c) a hőhatás övezetben

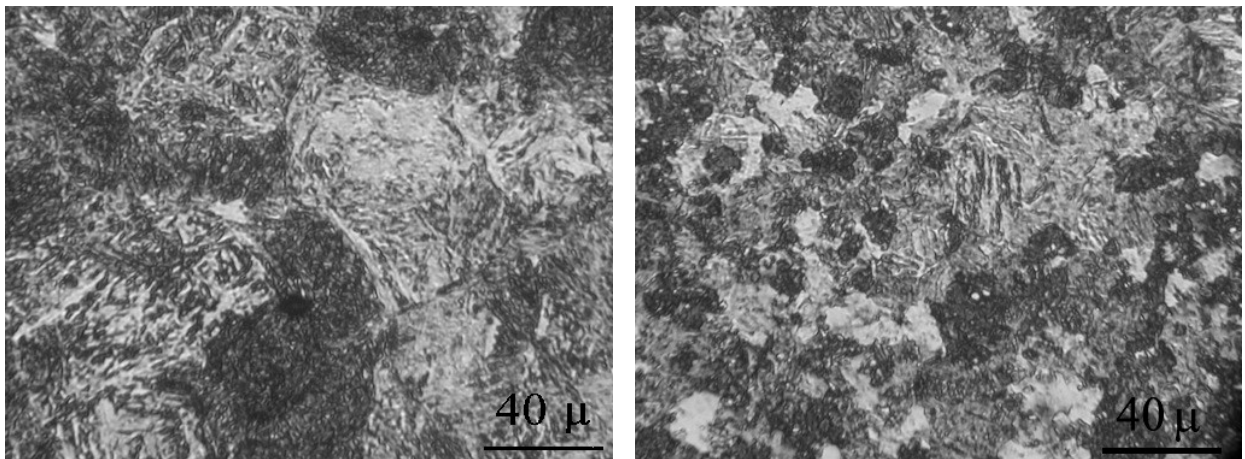
3. Kísérletek és eredmények

A szalagfűrészlapok nemesített acélszalagjai tulajdonságainak vizsgálata különleges megközelítést kíván. A nagy C-tartalmú, nemesített acélszalagoknál figyelembe kell venni, hogy az esetek jelentős részében szerszámacélként való felhasználásról van szó.

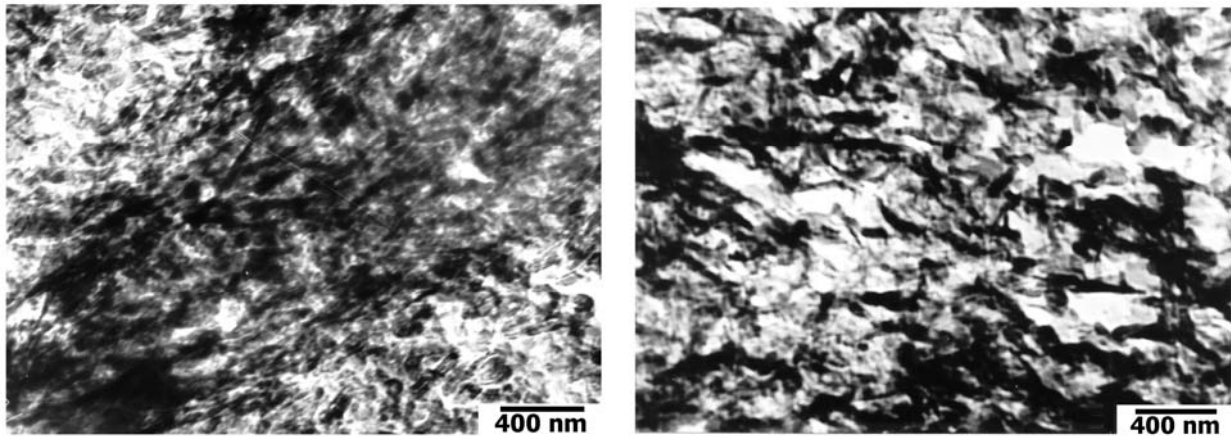
Ebből az alaptételből kiindulva a káresetek feldolgozása és a kutatómunka eredményeként letisztult egy olyan vizsgálati rendszer, amely átfogó értékelési keretet ad a nemesített acélszalagok minősítésére. A vizsgálati rendszer – a szakmai-tudományos igények különböző mélységeiben – lehetővé teszi a folyamatos nemesítősorokon gyártott, nagy C-tartalmú acélszalagok egyedi, ill. összehasonlító vizsgálatát.

A vizsgálati rendszer elemei a következők:

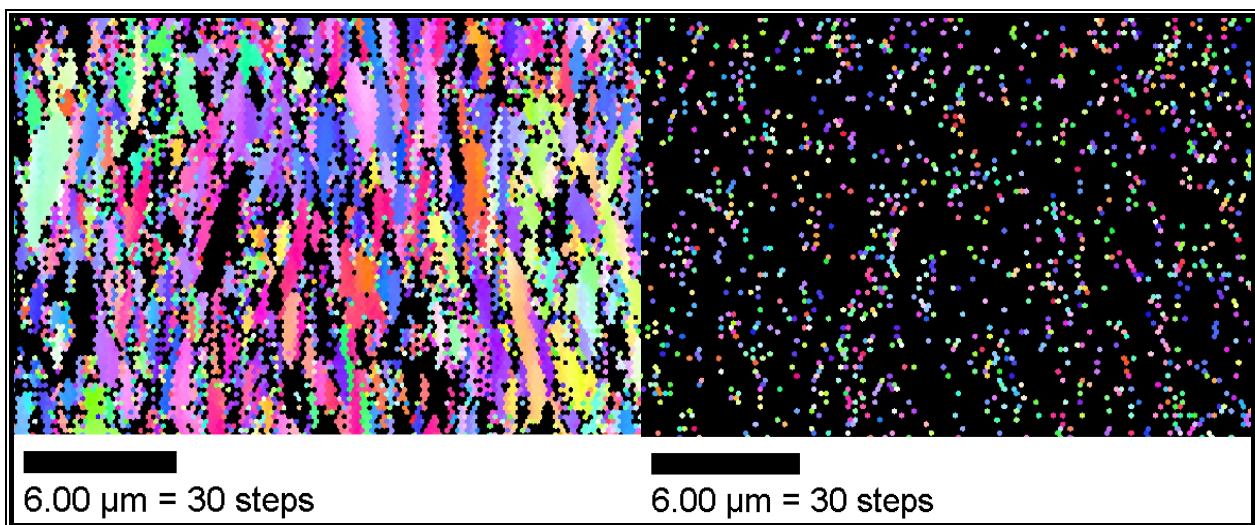
1. az alapanyag kémiai összetételének értékelése,
2. optikai mikroszkópia: az elsődleges ausztenit szemcsenagyság meghatározása (7. ábra),
3. pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat metallográfiai csiszolatokon [12],
4. transzmissziós elektronmikroszkópia a karbidszerkezet meghatározására (8. ábra),
5. röntgendiffrakciós vizsgálat a maradék ausztenit mennyiségének meghatározására,
6. EBSD vizsgálat a maradék ausztenit mennyiségének meghatározására, a 9. ábrán a ferrit és ausztenit szemcsék „térképe” látható [13,14]
7. szakítóvizsgálat bemetszett próbatestekkel, Czoboly-Radon vizsgálat (11. ábra)
8. kisciklusú fárasztás bemetszett próbatestekkel (10. ábra),
9. speciális ütővizsgálat,
10. speciális tépővizsgálat (Navy-test).



7. ábra Elsődleges ausztenit szemcseméret két különböző minta esetében



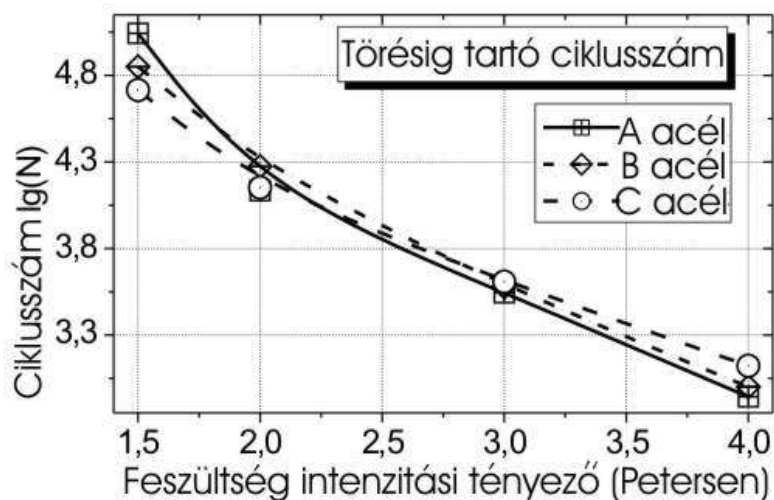
8. ábra Két különböző szalagfűrészlap minta karbidszerkezete TEM-replika felvételen



9. ábra Megeresztett martenzit (bal) és maradék ausztenit (jobb) szemcsék térképe.
A maradék ausztenit mennyisége 5,7 és 16,8% közötti.

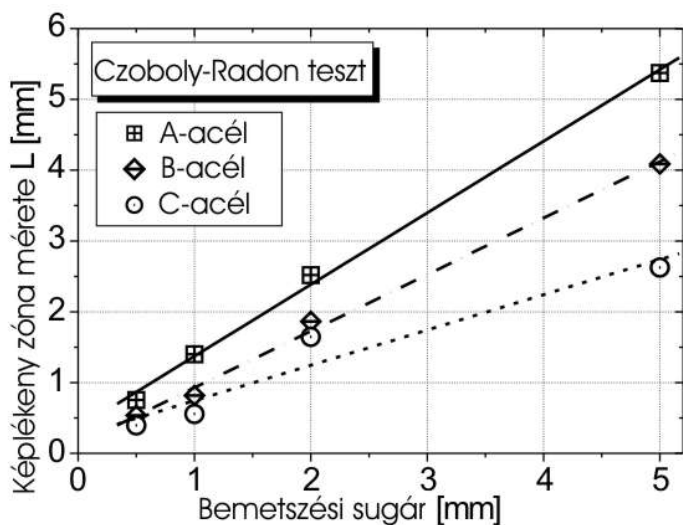
A maradék ausztenit hasznossága abban áll, hogy fékezi a repedésterjedést, és a terheléskor keményedést biztosít „ott, ahol kell”, ezzel nagyban növeli az anyag ellenállását az ismétlődő igénybevételekkel szemben. Fűrészlapokban a bombírozás során martenzitté alakuló ausztenit biztosítja azt, hogy a behengerelt feszültség szerkezet relaxációja minél később, ill. minél kevésbé következzen be. A mérések szerint a maradék ausztenit mennyisége akár 10-15% is lehet, és egy anyagon belül is változhat a vastagsággal.

A bemetszett próbatesteken elvégzett kisciklusú fárasztó-vizsgálat segítségével azonos anyagtípusú, de különböző gyártmányú acélszalagok be-metszésérzékenységét hasonlítottuk össze. A vizsgálat során a törésig tartó ciklus-számot regisztráltuk és vetettük össze különböző feszültségintenzitási tényezők esetében. Az alkalmazott terhelés 24 Hz-es szinuszos húzó-lüktető terhelés volt, 455 MPa amplitúdóval, 910 és 1060 MPa közép feszültséggel.



10. ábra Kisciklusú fárasztóvizsgálat eredményei

A törési szívósságot Czoboly-Radon vizsgálat segítségével becsültük. A Czoboly-Radon vizsgálat bemetszett szakítópróbatestet használ a bemetszés tövében kialakuló képlékeny zóna méretének becsülésére (L_0 a végtelen éles bemetszés tövében kialakuló képlékeny zóna mérete) Az eredmények a 11. ábrán láthatók. Az extrapolációval becsült képlékeny zóna méretének ismeretében a törési szívósság már számítható. A képlékenyen alakváltozott zóna méretei és a számított törési szívósság értékek az 1. táblázaton láthatók.



11. ábra Képlékeny zóna mérete

	Képlékeny zóna mérete L_0 [mm]	Törési szívósság K_C [MPa.m ^{0,5}]
A-acél	0,158	141,3
B-acél	0,107	130,8
C-acél	0,345	221,1

1. táblázat

4. Az értékelési rendszer

A szalagfűrészlapok bemetszésérzékenységét számos tényező befolyásolja. E tényzők és a vizsgálati eredmények értékelésével a szalagfűrészlap-alapanyagok bemetszésérzékenysége szintén értékelhető. Az értékelési rendszer kritériumszinteket jelöl ki a kémiai összetétel, a mechanikai tulajdonságok és a vizsgált alapanyag gyártási technológiája felé. A bemetszésérzékenységre legnagyobb hatással bíró tényezők a 2. táblázatban láthatók. A vizsgált anyag, ha megfelel a kritériumszintnek, pozitív, ellenben negatív minősítést kap. Az

értékelési rendszer emellett rámutat az egyes, különböző gyártmányú acélszalagok közti különbségekre, illetve rámutat az egyes acélszalagok gyenge oldalára.

Tényező	Pozitív minősítés	Negatív minősítés
Elsődleges ausztenit szemcseméret	< 32 μm	> 32 μm
Maradék ausztenit mennyiség	> 10%	< 5%
Fajlagos törési munka	$W_C > 200 \text{ J/cm}^3$	$W_C < 200 \text{ J/cm}^3$
Kisciklusú fárasztóvizsgálat	Nagy törésig tartó ciklusszám értékek	Kis törésig tartó ciklusszám értékek
SEM fraktográfia	100% szívós töret	Rideg törésre utaló nyomok a töreten

2. táblázat

Az értékelő rendszer segítségével az acélszalaggyártók változtatásokat eszközölhetnek a gyártási technológiában, a gyártott acélszalagok teljesítményének fokozása érdekében, illetve az értékelő rendszer megfelelő információt ad a fűrészlap gyártóknak a helyes alapanyagválasztáshoz.

Köszönetnyilvánítás:

A kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alapprogram támogatta, a projekt száma: T43571.

Irodalomjegyzék:

- [1] Blumenauer-Pusch: Műszaki Törésmechanika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest,(1987), pp. 52-55
- [2] Suresh S: Fatigue of Materials, Cambridge University Press, (1998), pp. 297-302
- [3] Czoboly E, Radon JC: *The Correlation of Specific Fracture Work with Material Toughness, Fracture Group Report No. FG 25*. Imperial College, London, (1970), pp. 1-11
- [4] Sarwar M: Surface and Coating Technology, 108-109, 612-619, 1998.
- [5] Dugdale DS, Sarwar M: Journal of Materials Processing Technology, 56, 729-732, 1996.
- [6] Boukharouba T, Tamine T, Niu L, Chemini C, Pluvinage G: Engineering Fracture Mechanics, 52, No. 3, 503-512, 1995.
- [7] Maria das Graças Mendes da Fonseca Gomes, Luiz Henrique de Almeida, Luiz Claudio F. C. Gomes, Iain Le May: Effects of Microstructural Parameters on the Mechanical Properties of Eutectoid Rail Steel, Department of Metallurgical Engineering and Materials, Rio de Janeiro, Brazil, 1997.
- [8] Ostash O P, Panasyuk VV: Int. Journal of Fatigue, 23, 627-636, 2001.

- [9] Weiju Ren, Nicholas T: *Materials Science and Engineering*, A00, 1-12, 2003.
- [10] Prohászka J: *A fémek és ötvözetek mechanikai tulajdonságai*, Műegyetemi Kiadó, 280-284, 2001.
- [11] Knop M, Jones R, Molent L, Wang C: *Int. Journal of Fatigue*, 22, 743-755, 2000.
- [12] Bouyne E, Flower H M, Lindley TC, Pineau A: *Scripta Materialia*, 39, 295-300, 1998.
- [13] Vantiger TR, Stephens RI, Karadag M: *Int. Journal of Fatigue*, 24, 1275-1284, 2002.
- [14] Strandberg M: *Engineering Fracture Mechanics*, 69, 403-415, 2002.