

ADALÉKOK ÖTVÖZETLEN SZERKEZETI ACÉLOK RIDEGEDÉSÉNEK VIZSGÁLATÁHOZ

ROMVÁRI PÁL – TÓTH LÁSZLÓ – BÉRES LAJOS

Kézirat beérkezett: 1973. január 4-én

Bevezetés

Az acélszerkezetek és különösképpen a hegesztett acélszerkezetek alkalmazásával egyidejű probléma ezek – makroszkópikus értelemben vett – képlékeny alakváltozás nélküli, ún. ridegtörése.

Már az első ilyen törést (Barnaby, 1879) kommentáló cikk megjelenése után Kirk két fontos következtetésre jutott [1]:

- a törés dinamikus igénybevétel hatására, szobahőmérsékletnél kisebb hőmérsékleten, minimális ($< 1\%$) képlékeny alakváltozás után következett be,
- ugyanez az acél szobahőmérsékleten elvégzett szakítóvizsgálat során megfelelő képlékenységi tulajdonságokkal rendelkezett.

Az utóbbi megállapítás nagyban hátráltatta a ridegtörés okainak alaposabb kutatását.

A hegesztés elterjedésével ugrásszerűen emelkedett a gyakran emberéleteket kioltó hatalmas anyagi károkat okozó ridegtörések száma. A elsők között említhetők az Albert csatorna közúti hídjai; 1938 márciusától kezdve, pozitív hőmérsékleten rövid idő alatt négy híd ridegtörését jegyezték fel [2].

A legsúlyosabb és egyben legalaposabban vizsgált katasztrófák a hajószervezetek ridegtöréséhez fűződnek. A probléma súlyosságát mutatja az a tény is, hogy a II. világháborúban az Egyesült Államokban épített csaknem 5000 hegesztett hajó közül mintegy 1000 hajón észleltek repedést [3]. Közülük több mint 100 súlyosan megsérült, s nem egy teljesen kettétört.

Hasonlóan súlyos katasztrófákhoz vezettek a nyomástartó edényeken és csővezetéseken bekövetkezett ridegtörések.

A nagy katasztrófák a jelenség okainak alapos megismerésére inspirálták a kutatókat. Megállapították, hogy a szerkezeti acélok ridegtörési hajlama

- kohászati tényezőktől (az acél összetételétől, a dezoxidálási feltételektől, a homogenitásától, az öntés és feldolgozás módjától, stb.),
- gyártástechnológiai tényezőktől (az alkatrészekben megmunkálás hatására kialakult feszültségállapottól, pl. hengerlés, kovácsolás, hőkezelés, hegesztés, stb. következtében),
- konstrukciós tényezőktől (a szerkezet feszültséggyűjtő helyeitől, az egyes elemekben ébredő feszültségektől, stb.), és a
- szerkezet üzemi körülményeitől függ.

Az előzők alapján nem vezethettek teljes sikerre azok a törekvések, melyek kizárólag a nagyobb szilárdságú acélok előállításával és alkalmazásával kívánták e problémát megoldani, ugyanis már Kirk megállapításaiából is az következett, hogy a ridegség olyan állapot, melyet a következő tényezők határoznak meg:

- a feszültségállapot,
- a hőmérséklet,
- az igénybevétel változásának sebessége.

A fentiekből természetesen az következett, hogy a kutatások három nagy területre szakadtak.

- elméleti (mechanikai, fémtani) kutatásokra,
- a vizsgálati módszerek kutatására, és a már említett
- ridegtörési hajlamot befolyásoló állapot tényezők megfelelő behatárolására.

Az elméleti kutatások eredményeképpen kialakult a mechanika egy új ága: a törésmechanika. Ennek alkalmazása gyökeres változást hozott mind a szerkezettervezés, mind az anyagvizsgálat terén. Az elméleti kutatásokkal foglalkozó szakemberek az anyagban mikroszkópos méretű repedéseket tételeznek fel, és a mechanika módszereivel vizsgálják e repedések terjedésének feltételeit. Az anyagvizsgáló szakemberek ennek ismeretében határozzák meg adott anyagoknál az egyértelműen kimutatható repedés terjedésének feltételeit a szerkezet üzemi jellemzőinek függvényében, mivel a szerkesztő ezen adatok birtokában tud a folyáshatár alatt bekövetkező ridegtörésre méretezni.

Törésmechanikai vizsgálatok végrehajtása nem minden esetben célszerű és könnyen elvégezhető, így különösen anyagátvételnél számos más vizsgálati módszer terjedt el. E vizsgálatok közös jellemzője, hogy a rideg állapotot meghatározó három állapot tényező közül kettő értékét állandóra választják, s a harmadik állapot tényező hatását vizsgálják. Ennek megfelelően sebességérzékenységi, feszültségérzékenységi és hőmérsékletérzékenységi vizsgálatokról beszélhetünk. Tekintetbe kell azonban venni, hogy e vizsgálati eljárások csupán az acélok rangsorolására szolgálnak abban és csakis abban az esetben, ha a má-

sik két állapoténevező azonos értéki. Feszültségérzékenységre különböző feszültséggyűjtő bemetszéseket tartalmazó próbatestek vizsgálatából, sebességérzékenységre különböző sebességgel végrehajtott vizsgálatok eredményeiből lehet következtetni. [4]. Az érzékenységi vizsgálatok közül a hőmérsékletérzékenység vizsgálata legelterjedtebb.

A kis méretű próbatesteken kapott vizsgálati eredmények szerkezetekre közvetlenül nem alkalmazhatók, mivel a szerkezet és a próbatest állapoténevezői közel sem azonosak. A kettő között kapcsolatot a bekövetkezett törések teremtettek azon közös jellemző alapján, hogy bizonyos hőmérsékletek felett a próbatest és a szerkezet is egyaránt szívósan viselkedik, míg kisebb hőmérsékleteken mindkettő ridegen tört. E két hőmérséklet egybeesése nem szükségszerű.

Átmeneti vagy kritikus hőmérsékletnek tekintik azt a hőmérsékletet vagy hőmérsékleti tartomány közéértékét, melynél az acél szívós állapotából a rideg állapotba való átmenete megfigyelhető.

Az átmeneti hőmérséklet kijelölhető [5]

- a próbatest alakváltozásának mértéke,
- a töretfelület szemcsés vagy szívós hányada, és
- egy tetszőleges segédparaméter alapján.

Tetszőleges segédparaméternek leggyakrabban a Charpy U vagy Charpy V próbatesten meghatározott ütőmunka vagy fajlagos ütőmunka értékét tekintik.

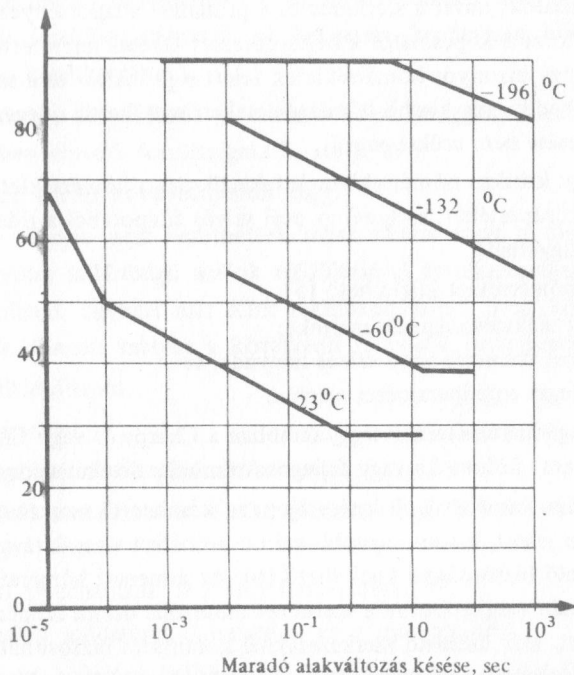
Az érzékenységi vizsgálatok elvégzése újonnan készítenő szerkezetnél különösebb problémát nem jelent, hiszen nagyobb számú próbatest vizsgálatával az átmeneti hőmérséklet megfelelő biztonsággal kijelölhető [6]. Az átmeneti hőmérséklet és az acél lemezvastagsága azután meghatározza a szerkezet minimális üzemi hőmérsékletét. Törésre nem méretezett, már üzemelő szerkezeteknél korántsem biztosítható olyan nagy mennyiségű anyag kivágása, mely elegendő lenne az átmeneti hőmérséklet kijelölésére, különösen akkor, ha figyelembe vesszük az ütővizsgálattal kapott eredmények jelentős szórását. A szerkezetek megbontása, új lemez visszahegesztése, az esetleges utóhőkezelése nemcsak anyagi terhet jelenthetnek, hanem az esetek egy részében a szerkezet üzemi idejének jelentős mértékű csökkentéséhez vezethet. Ezért célszerűnek mutatkozik egy másik paraméter bevezetése, melynek alapján az átmeneti hőmérséklet rövid, roncsolásmentes helyszíni vizsgálattal kijelölhető.

A káresetek adathalmazát figyelembe véve célszerű az új paramétert az ütővizsgálat eredményeivel kapcsolatba hozni.

A Poldi-keményiség és az ütőmunka kapcsolata

Az anyagok szívós vagy rideg állapotára minden esetben valamilyen időben lefo-lyó alakítással következtethetünk. Az igénybevetel hatására kialakult maradó alakváltozás általában diszlokációk mozgásával kapcsolatos. Ismeretes, hogy a ferritben levő szennyező anyagok atomjai és a ferritben levő diszlokációk kölcsönhatására a disz-

lokációk körül egy szennyezőkben dúsabb térfogat, ún. Cottrell-felhő alakul ki, mely lényeges hatással lehet az anyag képlékenységre. Az alakváltozás során – legalábbis annak kezdetén – az éldiszlókáció elmozdítása a felhő elmozdítását is megköveteli, így a maradó alakváltozás késni fog a terhelés növekedéséhez képest. Ez a késés a hőmérséklet csökkenésével növekszik. Ezt mutatja az 1. ábra [8].



1. ábra. A maradó alakváltozás késése a terhelésből származó feszültség és a hőmérséklet függvényében

A fentiekből következik, hogy az azonos hőmérsékleten végzett vizsgálatok eredményei jelentősen eltérhetnek, ha a vizsgálatok során a terhelés sebessége különböző. Megfelelően lassú terhelésváltozást a diszlókációk mozgása követhet és így az anyag képlékenynek mutatkozhat, míg gyors terhelésváltozást már nem, vagy csak lényeges késéssel követ, így az anyag ridegnek, keménynek mutatkozik.

Az előzőket figyelembe véve a közel azonos sebességű és feszültségállapotú vizsgálatok között korreláció tételezhető fel, így a dinamikus (Poldi) keménységmérés és az ütvehajlító vizsgálat között is. E feltételezés alátámasztható energetikai megfontolással is, mert ötvözetlen vagy gyengén ötvözött szerkezeti acéloknál az ütővizsgálat során befektetett munka összehasonlíthatatlanul nagyobb része, a Poldi keménységmérésnél pedig annak teljes egésze az alakváltozásra fordítódik.

Feltételezésünk igazolására az 1. táblázatban feltüntetett anyagminőségeken ütve-hajlítóvizsgálatot, valamint Poldi-keménységmérést végeztünk. Az ütővizsgálatra Charpy U próbatesteket használtunk. Hőmérsékletenként 15–15 ütővizsgálatot és ugyanennyi keménységmérést végeztünk. Keménységmérésnél ütésre 0,5 kp súlyú kalapácsot használtunk.

1. táblázat.

Anyagjel	Az acél összetétele súlyszázalékban				
	C	Mn	Si	P	Al
1	0,20	0,61	0,21	0,032	0,02
2	0,20	0,64	0,22	0,040	0,05
3	0,14	0,66	0,31	0,032	0,05

Megjegyzés: Az acélok több éve üzemelő nyomástartó edények anyagai

A hőmérsékletenkénti átlagértékeket a 2. táblázat tartalmazza. A korrelációs együtthatót a tapasztalati korrelációs együtthatóval (ρ) becsültük.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (HB_{pi} - \bar{HB}_p) (a_{ki} - \bar{a}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (HB_{pi} - \bar{HB}_p)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_{ki} - \bar{a}_k)^2}}$$

melyben: $HB_{pi} - a_{ki}$ az összetartozó i -edik próbatesten mért Poldi-keménység – fajlagos ütőmunka.

$$\bar{HB}_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n HB_{pi}; \quad \bar{a}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{ki}$$

A két változó között lineáris kapcsolat van, amennyiben $|\rho(HB_p, a_k)| = 1$. Ez a kapcsolat $a_k = -m HB_p + b$ alakú $\rho(HB_p, a_k) = -1$ esetén, ill. $a_k = m HB_p + b$ alakú, amennyiben $\rho(HB_p, a_k) = 1$ feltétel teljesül.

A korrelációs együtthatót az összes adat (anyagminőségenként 60) és a hőmérsékletenkénti átlagok figyelembevételével is meghatároztuk. A kapott eredményeket a 2. táblázatban tüntettük fel, melyekből látható, hogy vizsgálataink során biztosított körülmények között a műszaki gyakorlat szempontjából igen szoros a korreláció. A hőmérsékletenkénti átlagok alapján számított korrelációs együtthatók jobban tükrözik a tényleges viszonyokat, mivel az ütővizsgálat és a keménységmérés szórását kiküszöbölik.

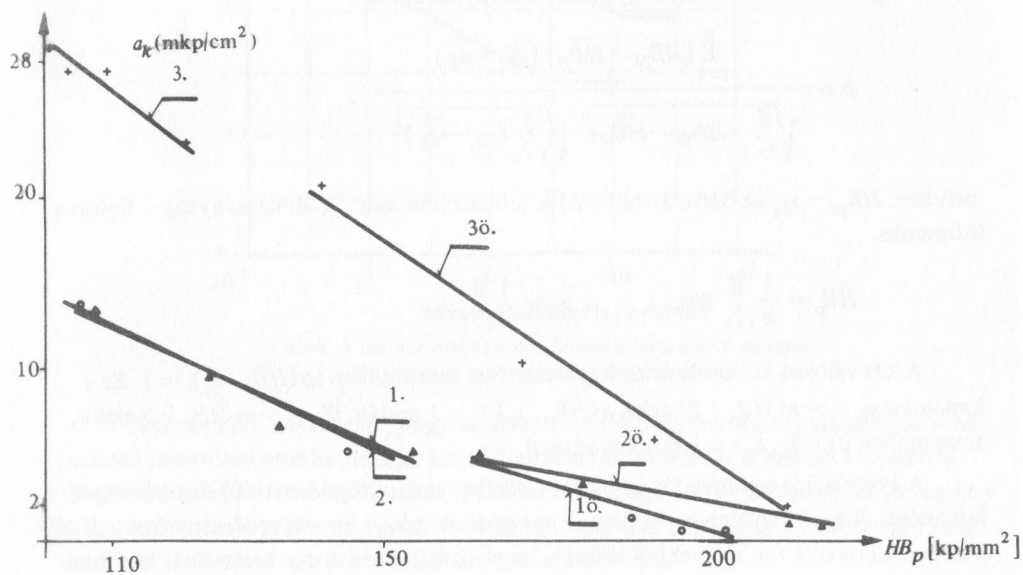
Az ütőmunka (fajlagos ütőmunka) és a Poldi-keménység között a vizsgált feltételek mellett jó közelítéssel $a_k = -m HB_p + b$ alakú lineáris kapcsolat áll fenn. A vizsgált anyagoknál az ütőmunka és a Poldi-keménység közötti kapcsolatot a 2. ábra mutatja.

Anyagjel	Hőmérséklet (°C)								Korrelációs együttható	
	+ 20		0		- 20		- 40		az összes adat	a hőmérsékleten- kénti átlagok
	a_k	HB_p	a_k	HB_p	a_k	HB_p	a_k	HB_p	figyelembevételével számítva	
1	13,7	105	10,9	118	8,4	132	5,5	144	-0,88	-0,982
2	13,2	107,7	9,8	124,5	6,9	134	5,8	155	-0,899	-0,953
3	27,4	103	28,8	100	27,9	108	23,1	122	-0,864	-0,952

Megjegyzés: A 3. jelű anyagnál a próbatest bemetszésének iránya párhuzamos a hengerlési iránnyal.

HB_p – az acél Poldi-kalapáccsal mért keménysége,

a_k – fajlagos ütőmunka (mkp/cm²).



2. ábra. Összefüggés a vizsgált acélok Poldi-keménysége és ütőmunkája között, több éves üzemeltetés, valamint mesterséges öregítés után.

Megvizsgáltuk továbbá a mesterséges öregítésnek (10%-os hidegalakítás húzással, 250 °C-on 0,5 órás hőntartás) az a_k (HB_p) kapcsolatra gyakorolt hatását is. E vizsgálat-sorozatnál is Charpy U próbatesteket használtunk. Hőmérsékletenként 12–12 próbatest ütővizsgálatát és keménységmérését végeztük el. A hőmérsékletenkénti átlagértékeket és a kiszámított korrelációs együtthatókat a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat

Anyagjel	Hőmérséklet (°C)								Korrelációs együttható	
	+ 20		0		- 20		- 40		az összes adat	a hőmérsékletenkénti átlagok
	a_k	HB_p	a_k	HB_p	a_k	HB_p	a_k	HB_p	figyelembevételével számítva	
1	5	164	1,5	186	0,68	193	0,6	199	-0,81	-0,984
2	5,6	163	3,6	179	2,0	208	1	214	-0,864	-0,876
3	20,6	141	10,5	170	6,0	189	0,97	208	-0,954	-0,996

Megjegyzés: HB_p – az acél Poldi-kalapáccsal mért keménysége,
 a_k – fajlagos ütőmunka (mkp/cm²).

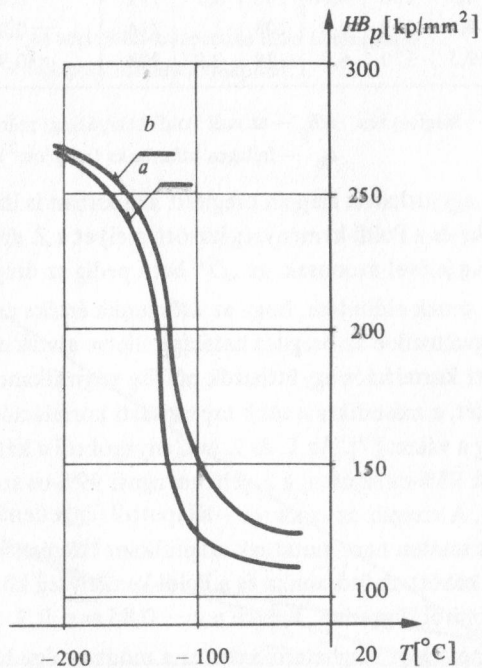
A korrelációs együtthatók alapján öregített állapotban is lineáris kapcsolat tételezhető fel az ütőmunka és a Poldi-keménység között, melyet a 2. ábra mutat. Az ábrában levő számok az anyag jelével azonosak, az „Ö” betű pedig az öregített állapotra utal.

Igen lényeges annak eldöntése, hogy az ütőmunka értéke és a Poldi-keménység közötti korreláció megváltozik-e az öregítés hatására, illetve annak az eldöntése, hogy a vizsgált acéloknál kapott korrelációs együtthatók milyen szignifikancia szinten egyeznek meg. Az első kérdésre a két, a másodikra a több tapasztalati korrelációs együttható összehasonlításával adható meg a válasz [7]. Az 1. és 2. jelű anyagokról a két állapotban kapott korrelációs együtthatók 95%-os szinten, a 3. jelű anyagnál 99%-os szinten nem mutatnak szignifikáns eltérést. A vizsgált anyagokról –állapottól függetlenül– a kapott korrelációs együtthatók 95%-os szinten nem mutatnak szignifikáns eltérést, ami azt bizonyítja, hogy a vizsgált feltételek között az ütőmunka és a Poldi-keménység közötti korrelációs együttható az anyag állapotától független. Értéke $\rho = -0,85 \approx -0,9$.

Átmeneti hőmérséklet meghatározására ez a módszer úgy használható, hogy az egyenes egyenletében szereplő két konstans (m , b) értékét meghatározva, kiszámítjuk az adott ütőmunkához tartozó HB_p értéket. Amely hőmérsékleten az acél ezt a keménységet eléri azt tekinthetjük átmeneti hőmérsékletnek.

Az átmeneti hőmérséklet meghatározására más lehetőség is kínálkozik. Többek között a Poldi-keménységméréssel is meghatározható egy olyan hőmérséklet vagy hőmérsékleti intervallum, melyben a keménység ugrásszerű emelkedése tapasztalható. E célból két különböző – a 4. táblázatban feltüntetett – összetételű acélon – 20 °C és – 193 °C között $v = 2$ m/sec ütési sebességgel keménységmérést végeztünk. Ennek eredményeit a 3. ábra mutatja.

Anyagjel	Az elemek súlyszázalékban						Lemezvastagság (mm)
	C	Mn	Si	P	S	Al	
a	0,08	0,49	0,22	0,015	0,016	0,03	12
b	0,19	0,56	0,19	0,020	0,029	0,04	12



3. ábra. Ötvözetlen lágyacélok Poldi-keménységének változása a hőmérséklet függvényében.

Ugyanezen anyagok Charpy V bemetszésű próbatesten meghatározott, $2,8 \text{ mkp/cm}^2$ fajlagos ütőmunkához tartozó átmeneti hőmérsékleteit (TKKV_{2,8}) az 5. táblázat tartalmazza, ahol feltüntettük a $HB_p = 200 \text{ kp/mm}^2$ értékhez tartozó átmeneti hőmérsékletet (TTHB_{p200}) is.

5. táblázat.

Anyagjel	TKKV _{2,8} (°C)	TTHB _{p200} (°C)
a	- 21,3	- 125
b	- 20,7	- 120

A fajlagos ütőmunka vizsgálatával és a Poldi-keménységméréssel meghatározott átmeneti hőmérsékletek között a bemutatott eljárást alkalmazva jelentős eltérés van. A keménységmérés körülményeinek tanulmányozása során azonban arra a következtetésre jutottunk, hogy az ütés sebességének emelésével és a szerszám alakjának célszerű megváltoztatásával a két módszerrel meghatározott átmeneti hőmérséklet egymáshoz jelentősen közelíthető, sőt előzetes kísérleteink szerint kb. azonos is lehet. A további kísérletek célja a bemutatott eredmények birtokában tehát az, hogy az átmeneti hőmérséklet Poldi-kalapáccsal történő meghatározásának elvi lehetőségét bizonyítva, a gyakorlat számára megfelelő roncsolásmentes módszer kidolgozásához alapot nyújtson.

Összefoglalás

Két lehetőséget mutattunk be az átmeneti hőmérsékletnek Poldi keménységméréssel történő meghatározására. Az első módszer használhatóságának alapfeltétele a $|\rho(HB_p, a_k)| \cong 1$ korrelációs együtthatót biztosító vizsgálati körülmények meghatározása ill. ebben az esetben az ütőmunka és Poldi-keménység közötti lineáris kapcsolat két állandójának meghatározása.

A másik módszernél konstans ütési sebességgel meghatározott átmeneti hőmérséklet alapján, előre kidolgozott korrelációs rendszerrel következtethetünk a keménységmérés eredményeiből az ütővizsgálattal meghatározható átmeneti hőmérsékletre.

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Nagyalföldi Kőolaj- és Földgáztermelő Vállalatnak a közlemény alapjául szolgáló kutatásokhoz nyújtott segítségért.

IRODALOM

- [1] LEAN J. B.: Az acél ridegtörése. – *Métaux*, 1959, I. p. 1–19.
- [2] DR. GÁLIK ISTVÁN: Hegesztett hídstruktúrák ridegtörése és az új acélananyagok. – UKI 38. sz. Budapest, 1970.
- [3] KARL RÜHL: Die Spröbruchsicherheit von Stahlkonstruktionen. – Düsseldorf, 1959. p. 9–12.
- [4] WELLINGER K. – WITWER H. J.: Hozzászólás ötvözetlen acélok ridegtörésének kérdéséhez ütőszzerű igénybevételnél. – *Archiv für das Eisenhüttenwesen*, 1963/2. p. 125–134.

- [5] FEHÉRVÁRI ATTILA – DR. RITTINGER JÁNOS: Acélok kiválasztása nyomástartó szerkezetekhez ridegtörési érzékenység alapján. – *Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat*, 1971/6. p. 241–251.
- [6] FEHÉRVÁRI ATTILA: Statisztikai módszer ridegtörési érzékenység megállapítására. – Megjelenés alatt.
- [7] VINCZE ISTVÁN: Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal. – Budapest, 1968.
- [8] DR. VERŐ JÓZSEF: Vaskohászati enciklopédia. IX. 1. kötet. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 1960.

CONTRIBUTION TO INVESTIGATION THE BRITTLE TENDENCY OF THE STRUCTURAL STEELS

P. ROMVÁRI – L. TÓTH – L. BÉRES

Summary

In this paper were presented two ways to determine the transition temperature of structural steels from results of the temperature dependence of the dynamic ball indentation hardness.

One of them can be used if the conditions of the measure of the hardness like so, that the correlation between the *Charpy*-obsorbed energy and the dynamic hardness is linear, independently of the temperature of the investigations. In this case have to determine the two constant of this linear relation.

The other method is based on that, the hardness of the structural steels measured dynamically suddenly rises at low temperatures. From these transition temperatures can be determined the transition temperatures belong to the *Charpy* impact testing by a correlation system is worked out previously. In this case the energy and the speed of the hit are constant.

BEITRÄGE ZUR PRÜFUNG DER SPRÖDBRUCHNEIGUNG UNLEGIERTEN BAUSTÄHLE

P. ROMVÁRI – L. TÓTH – L. BÉRES

Zusammenfassung

Zwei Möglichkeiten wurden zur Erfassung der Übergangstemperatur mit *Poldi* Härtemessungen gezeigt. Für die Anwendung der ersten Methode ist die Sicherung der Prüfungsbedingungen für den Korrelations-Koeffizient als Grundbedingung anzunehmen, bzw. die Bestimmung der zwei Konstanten in Zusammenhang der linearen Gleichung zwischen Kerbschlagzähigkeit und *Poldi*-Härte.

Nach der anderen Methode wird die Übergangstemperatur durch *Poldi*-Härte mit konstanter Schlaggeschwindigkeit bestimmt. Daraus wird auf das mit Kerbschlagprüfung bestimmte Übergangstemperatur auf Grund des ausgearbeiteten Korrelations-System vorgeführt.

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ СКЛОННОСТИ К ХРУПКОМУ РАЗРУШЕНИЮ
КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

П. РОМВАРИ – Л. ТОТХ – Л. БЕРЕШ

Р е з ю м е

В статье рассматриваются новые методы определения оценки критической температуры перехода конструкционных сталей из вязкого в хрупкое состояние с помощью измерения динамической твёрдости.

Основные условия применения первого метода: создать обстоятельства измерения динамической твёрдости, обеспечивающие линейную корреляционную связь между ударной вязкостью и динамической твёрдостью независимо от температуры исследования. В данном случае нужно определить два параметра линейной функциональной связи.

При использовании второго метода необходимо иметь график выражающий связь между динамической твёрдостью и температурой испытания. В данном случае необходимо обеспечить постоянство энергии и скорости удара. Из этого графика можно определить критическую температуру. Используя в ранее разработанную корреляционную систему и значение вышеуказанной температуры, можно определить критическую температуру перехода исследованной стали в хрупкое состояние.

A szerzők címe:

DR. ROMVÁRI PÁL
tszv. egy. tanár

DR. TÓTH LÁSZLÓ
tud. munkatárs

DR. BÉRES LAJOS
egy. adjunktus

NME Mechanikai-technológiai Tanszék
3515. Miskolc-Egyetemváros

SZERSZÁMGÉPEK SZÁNVEZETÉK-RENDSZEREINEK TARTÓSPONTOSSÁGI VIZSGÁLATA SZÁMÍTÓGÉPES MÓDSZERREL

MOLNÁR LÁSZLÓ—CSÁKI TIBOR

A kézirat beérkezett: 1977. január 12-én

A szerszámgépek vezetőkei igen fontos szerepet töltenek be a munkadarab – gép – szerszám kapcsolatában, a megmunkálendő darabok geometriai pontossága, felületi egyenetlensége és a megmunkáló gép termelékenysége tekintetében, valamint a szerszámgéppel tartósan és ismételhetően biztosítható „tetszőleges” nagyságú szakaszos és „tetszőleges” sebességű folyamatos relatív helyváltoztatás megvalósíthatóságában.

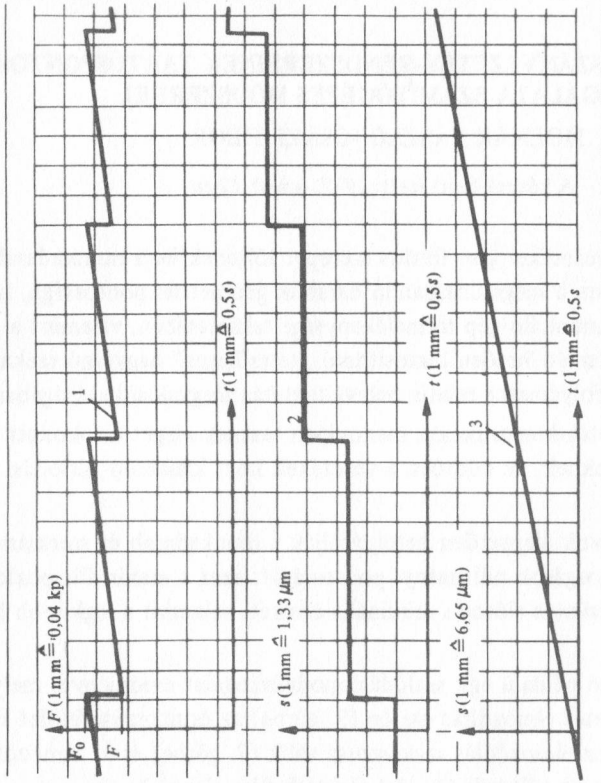
Hogy a csúszóvezeték-konstrukciók mennyiben tesznek eleget a fokozott tartóspontossági követelményeknek, az döntően a vezetőkek közt kialakuló súrlódási és kopási viszonyoktól függ.

A súrlódási viszonyok alapvetően befolyásolják a munkadarab és szerszám relatív helyzetét megvalósító mozgások pillanatnyi pontosságát; azaz a maximális pozicionálási pontosságot, az egyenletes előtolás minimális értékét, valamint a legkisebb fogás mértékét.

Az 1. ábrán látható például egy súrlódási modellvizsgálat eredménye, mely szerint $v \approx 0,1$ mm/min egyenletes elmozdítás esetén (3. görbe) az érintkezési felület súrlódási paramétereitől függően az elmozdulás szakaszossá válik (2. görbe) és az elmozdítás erőszüksége F_0 és F között változik (1. görbe) (stick-slip jelenség).

A kopási viszonyok hatnak a gép megmunkáló pontosságának tartósságára, vagyis a kopás következtében megváltozik a szerszám és munkadarab relatív mozgáspályája, megváltoznak a forgácsolás feltételei és ezek hatása közvetlenül jelentkezik a megmunkált darab méret- és alakpontosságában.

A 2. ábrán látható egy hazai gyártmányú, öt éve üzemelő eszterga vezetőkeinek kopás következtében eltorzult felülete. Az ábrán jól megfigyelhető az egyenetlen vezetőkefelületi kopáseloszlás, amely a megmunkálendő darab ismeretlen rendszeres hibáját eredményezi.

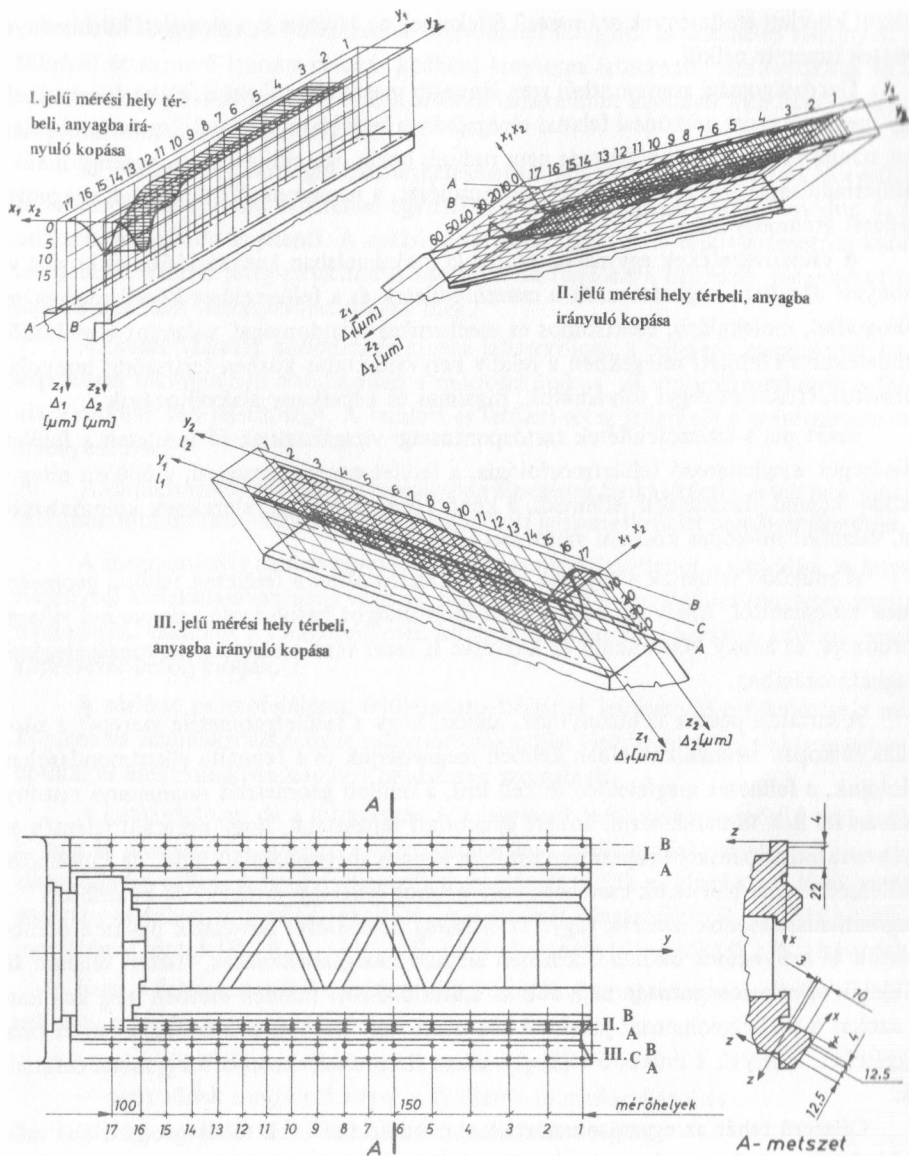


$v = 0,1$ mm/min

$p = 1,5$ kp/cm²

palástkiszorított – palástkiszorított kenés nélküli.

1. ábra. A sűrítődés és az elmozdulás alakulása az idő függvényében – sűrítődési modellvizsgálatnál.



2. ábra. Eszterga ágyvezeték felületeinek eltorzulása kopás következtében

Több kutató kopási és súrlódási vizsgálatainak eredményeit elemezve azok igen eltérőek. A várható súrlódás és kopás mértékét egzaktul, valamennyi befolyásoló paraméter figyelembevételével még nem tudjuk számítással előre meghatározni, bár erre vonatkozóan is vannak már eredmények. Ugyancsak kockázatos lenne a szakirodalomban közölt kísérleti eredmények számszerű értékeinek az átvétele is a vizsgálati körülmények pontos ismerete nélkül.

Gazdaságossági szempontból igen lényeges meghatározni azt a felülettípust, amely egy meghatározott működési feladat elvégzésére a legjobban megfelel. Ismereteink jelenlegi szintjén optimális döntést még nem tudunk hozni, így előírásaink a megengedhető felületminőségre inkább az igények túlbecsülését, a megmunkálási költségek megnövekedését eredményezik.

A csúszóvezetékek egymással szoros kölcsönhatásban levő súrlódási és kopási viszonyait döntően meghatározzák a csúszófelületek és a felületekhez közeli rétegek metallográfiai, molekuláris, elektromos és mechanikai tulajdonságai, valamint a működő felületeken és felületi rétegekben a relatív helyváltoztatás közben lejátszódó bonyolult termikus, fizikai és vegyi folyamatok, rugalmas és képlékeny alakváltozások.

Ezért ma a csúszófelületek tartóspontossági vizsgálatainak fő területeit a felület minőségét meghatározó felületmorfológia, a felület energiaviszonyai, a felületi réteg fizikai- kémiai- mechanikai jellemzői, a kenő közegek hatásai, s ezeknek kölcsönhatásai, valamint működés közbeni változásai jelentik.

A működő felületek vizsgálata így elválaszthatatlan a felületek felületi geometriájának vizsgálatától, amely egyúttal a tartóspontosságot befolyásoló valamennyi jellemző hordozója, és amely közvetlenül és közvetve is részt vesz a súrlódás és kopásjellegének meghatározásában.

A kutatási példák is bizonyítják, ahhoz, hogy a felületgeometria szerepét a súrlódás és kopás mechanizmusában kellően megismerjük és a fennálló ellentmondásokat feloldjuk, a felületet megfelelően le kell írni, a felületi geometriát valamennyi viszonylatában fel kell tudnunk tárni. Ismert gyakorlati tapasztalat, hogy egyaránt jelentős eltérés van a csúszópárok bekopási szakaszában azonos megmunkálási mód, de különböző felületgeometriai jellemzők esetében, vagy azonos érdességi értékek, de különböző megmunkálási módok mellett, vagy: az érdesség növelésével növekszik ugyan a domborulatok és mélyedések okozta ütközésen alapuló mozgási ellenállás, viszont teljesen sík felületek érintkezése mentén nagyobb az adhézió. Ezért minden esetben meg kell keresni azokat a felületgeometriát jellemző közvetett vagy közvetlen mérőszámokat és összefüggéseket, amelyek a működő felületek adott üzemelési viszonyait legjobban definiálják.

Célszerű tehát az egymáson relatíve elmozduló felületek felületgeometriáját működés közben és önmagukban is vizsgálni. Működés közben a felületgeometria változásainak befolyásoló hatását közvetlenül, egzaktul kimutatni még nem tudjuk. Az érintkező felületek minősítésére azonban több közvetett jellemző szolgál; mint pl. az előző-

ekben bemutatott stick-slip példa, vagy vezetékkopás, de hasonló értékelő jellemző a súrlódási teljesítmény, a súrlódási hő, a kopásintenzitás, stb. is. Ezen jellemzők azonban a felület geometrián kívül még számos ismert és ismeretlen, nehezen különválasztható befolyásoló tényező komplex hatását is tartalmazzák.

A felületgeometria jellemzésére közvetlenül szolgáló, az üzemelés viszonyait is jól tükröző értékmérő lenne a csúszás közbeni tényleges érintkezési viszonyoknak és azok változásainak pontos ismerete. Ezen a téren ismereteink azonban még hiányosak, de itt is igen intenzív kutatások folynak.

A felületeknek önmagukban terhelésmentes állapotban közvetett és közvetlen mérőszámokkal történő értékelése egyúttal a különböző megmunkálási módok és technológiák vizsgálatát is jelenti. A működő felületek makro- és mikrogeometriai karakterét pedig a felületi réteg strukturális felépítésétől függően a befejező megmunkálási módok alakítási viszonyai határozzák meg.

A csúszófelületek súrlódási és kopási jellemzőinek a befejező megmunkálással való kapcsolata tekintetében elsődlegesen a mikroszkópikus és szubmikroszkópikus felületi alakzatoknak van jelentősége. A felületi és felületi-réteg jellemzői e mérettartományban érvényesülnek.

Az amikroszkópos mérettartományban nincsenek fizikai-kémiai értelemben vett felületi diszkontinuitások, ennek megfelelően felületi jelenségekről itt nem beszélhetünk.

A megmunkálás makro-egyenlőtlenségei pedig közvetlenül a súrlódási és kopási viszonyok kialakulásában nem vesznek részt, azonban a hordfelület tényleges nagyságát módosítják, valamint a csúszófelületek közti hidrodinamikusan hatást a szűkülő rések képzésével befolyásolják.

A súrlódó csúszófelületek felületgeometriájának leírására és értékelésére a mikroszkópikus és szubmikroszkópikus mérettartományban elsődlegesen az elektromechanikus, optikai és elektromikroszkópikus módszerek szolgálnak.

A gyakorlatban, de a kutatásban is a legelterjedtebb felületminősítő eszközök az E vagy M rendszerben dolgozó elektromechanikus profilográfok, amelyek a nemzetközileg szabványosított érdességi jellemzők nagy számát tudják meghatározni. Ezek a magyar szabvány esetében: integrált értékek (R_a, h_q)-diszkrét átlagértékek ($R_z; S_w; W_z$)-diszkrét morfológiai adatok ($R_t; R_{max}; W_{max}; R_f$) és funkcionális jellemzők ($K_p; K_h$) lehetnek.

Ezen a felület szabálytalanságait leíró értékek önmagukban sok esetben nem felelnek meg a tervező igényeinek,

- nem tükrözik a megmunkálás sajátosságait,
- nem adnak megfelelő képet a felületek morfológiájáról és
- nem értékelik a felületek funkcionális lehetőségeit.

Ezért a gyakorlat szükségessé tette több érdességi paraméter egyidejű megadását. Az utóbbi években a külföldi felületminősítő szabványok mind több morfológiai és funk-

cionális értékmérőt alkalmaznak, sőt mind jobban előtérbe kerül a felületminősítésre szolgáló mérőszámok helyett a felületet, illetőleg a felületi réteget jellemző függvénykapcsolatok alkalmazása. Ilyen ismert görbe az *Abbot-féle* támfelületgörbe is. Az *Abbot-görbe* különösen fontos információt jelent a megmunkálási módok funkcionális jellemzésére. Az elterjedését felvételének nehézkessége akadályozta.

A Perthen-cég 1975-ben jelent meg először a minősített profil támfelület görbéjét közvetlen kiadó profilográfákkal.

Angol példára tanszékünkön is folynak kísérletek a megmunkált felületek minél komplexebb értékelési lehetőségeinek vizsgálatára. Vizsgálatunk elvi alapja; hogy a felületprofil analógjelét digitalizáltuk és számítógépre vittük. Ezáltal lehetőséget kaptunk; egyrészt tetszőleges felületjellemező mérőszám, vagy függvénykapcsolat meghatározására, másrészt a felületgeometria üzemi változásait, a kopás mértékét és nagyságát is figyelemmel kísérhetjük. A mérőösszeállítás blokkvázlata a 3. ábrán látható.

A 4. ábrán táblázatosan összefoglaltuk a számítógépes módszerrel meghatározott felületjellemezőket, amelyek elsődlegesen a felületek funkcionális, morfológiai és megmunkálási sajátosságait tükrözik. Ezek:

Profilhossz: az alaphosszra vonatkoztatott profil hossza.

Hordfelület: az anyaghányad változása az érdességmélység függvényében.

Érdesség-gyakoriság: az érdesség-gyakoriság eloszlása az érdességmélység függvényében.

Fiktív csúcs: az adott felületre jellemző egyetlen szimmetrikus érdesség-alakzat.

Egységnyi hordfelületre jutó terhelés: a vonalnyomás változása, a hordfelületen az érdességmélység függvényében.

Egy csúcsra jutó terhelés: az egy csúcsra jutó terhelés változása az érdességmélység függvényében.

Csúcscsúszámgyakoriság: a konvex csúcsok gyakorisága az érdesség függvényében.

Autokorrelációs függvény: a felületi mikrogeometria periodicitására jellemző, egy felületelem és a tőle „a” távolságra levő felületelem kapcsolatának valószínűségét adja meg.

Teljesítmény-sűrűség spektrum: az autokorrelációs függvény Fourier transzformáltja, a felület különböző periódusú ismétlődő elemeinek súlyát adja meg.

Érdesség átlagdőlése: a felület meredekségére jellemző.

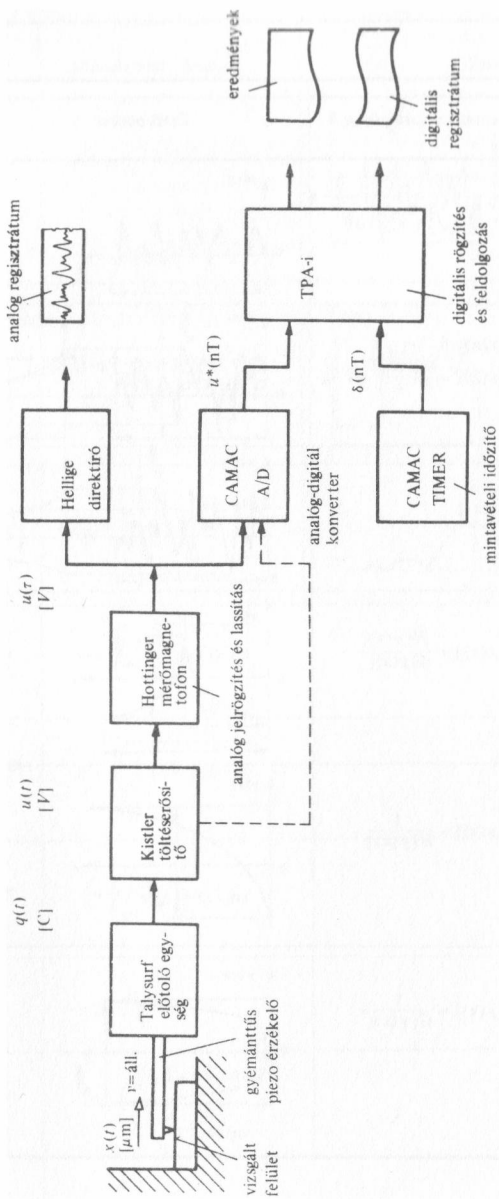
Érdesség átlaggörbülete: a felület görbületére jellemző.

Érdesség iránytényezője: a felületi barázdáltság szimmetrikusságára jellemző a vizsgált irányban.

Csúcscsúszám: a megmunkálásra jellemző érték.

Tördeltségi fok: a profilhosszra eső töréspontok száma.

A profilogrammnak digitális formában való ismerete, s annak számítógépes feldolgozási lehetősége még további értékelő jellemzők meghatározását teszi lehetővé, mint pl. az $y = y(x)$ profilogramm első $y' = y'(x)$ és második $y'' = y''(x)$ deriváltjának megfelelő függvényvizsgálata. Ugyancsak az értékelési mód bővítését jelenti a hossz- és keresztirányú profilogrammok együttes elemzése.



3. ábra. Felületminősítő mérőrendszer blokkvázlata.

Felületminőség fogalmak	Matematikai formula	Értelmezése
Profilhossz	$S = \frac{l}{T} \int_0^l \sqrt{1 + y'(x)} dx$	
Hordfelület	$H[y(x)] = \frac{H[y(x)]}{l}$	
Érdességgyakoróság	$G[y(x)]$	
Fiktív csúcs	$F[y(x)] = \frac{H[y(x)]}{G[y(x)]}$	
Egységnyi hordfelületre jutó terhelés	$A[y(x)] = \frac{1}{H[y(x)]}$	
Egy csúcsra jutó terhelés	$B[y(x)] = \frac{1}{G[y(x)]}$	

4a. ábra. Felületminősítő függvények és mérőszámok

Felületminőség fogalmak	Matematikai formula	Értelmezése
Csúcsgyakoriság	$C[y(x)]$	
Autokorrelációs függvény	$\varphi(a) = \frac{1}{l} \int_0^l y(x) y(x+a) dx$	
Teljesítménysűrűség spektrum	$\Phi(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(a) e^{-i\omega a} da$	
Érdesség átlagdőlése	$D = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l [y'(x)]^2 dx}$	
Érdesség átlagörbülete	$E = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l [y''(x)]^2 dx}$	
Érdesség irányítényezője	$I = \frac{1}{l} \int_0^l \text{sign}[y'(x)] dx$	
Csúcsosság	$G = \frac{R_{\max}}{h_q}$	
Tördeltségi fok	$T = \frac{1}{l} \frac{\int_0^l \sqrt{1 + y'(x)^2} dx}{2 \int_{R_f}^{R_f} C[y(x)] dy}$	

4b. ábra. Felületminősítő függvények és mérőszámok

Az értékelő jellemzők közül a leghasználhatóbbakat a gyakorlatban kell kiválasztania.

Természetesen valamennyi a magyar szabványban található felületminőség-értékelő mérőszám is vizsgálható (R_a ; h_q ; R_{\max} , stb.).

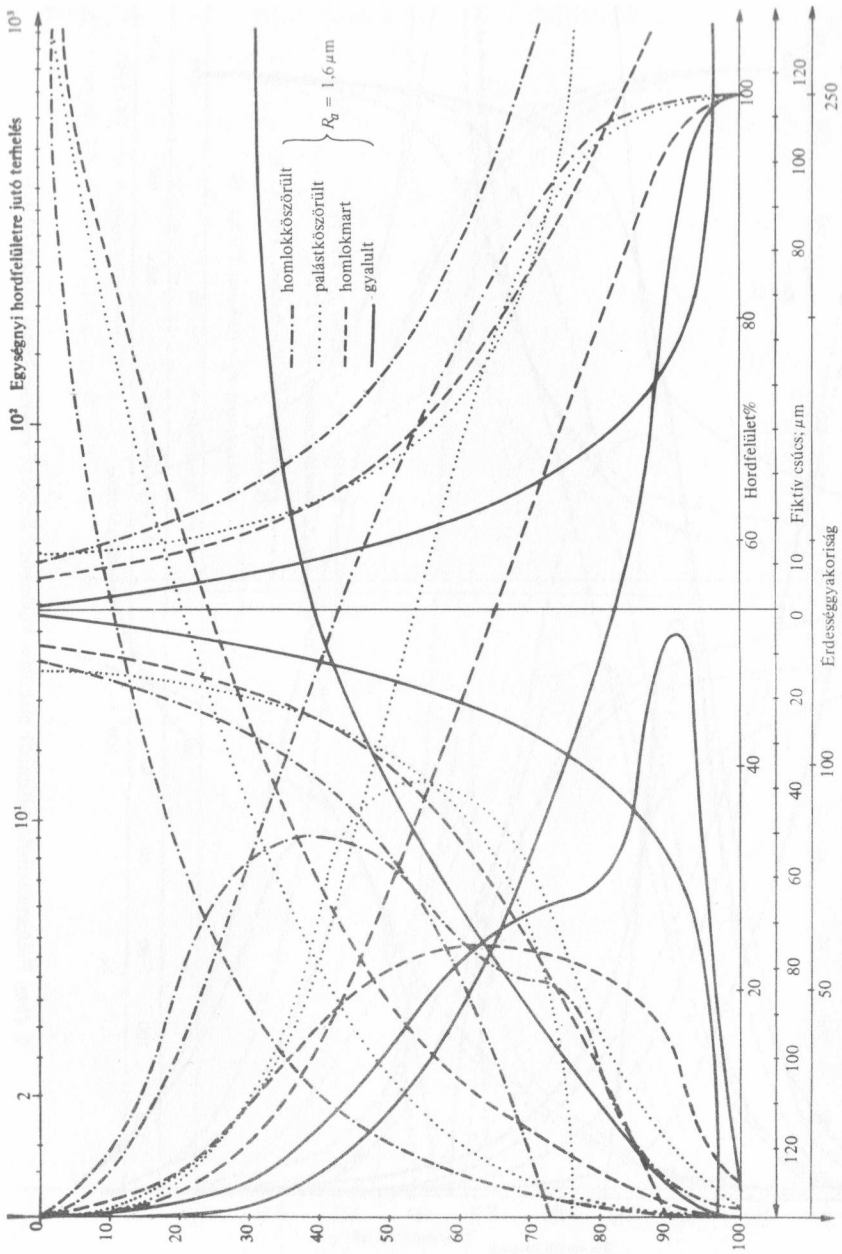
Az előzőekben ismertetett funkcionális, morfológiai és megmunkálási módra jellemző felületminősítő értékelésnek célszerűségét kívánjuk bemutatni az 5. ábrán feltüntetett vizsgálati eredményekkel. Négyféle megmunkálási módot vizsgáltunk: homlokköszörülést, palástköszörülést, homlokmarást és gyalulást. A minősített felületek érdeségmérő etalonok voltak, valamennyi megmunkálási eljárás esetén az R_a értéke 1,6 μm volt. A felvett: hordfelület-, érdességgyakoriság-, terhelési-, és fiktívcsúcs-görbék egyértelmű sorrendűséget jelölnek ki a felületek mikrogeometriai alakzatától függő kopásállóság, illetőleg terhelhetőség tekintetében, mégpedig a legmegfelelőbb a homlokköszörült, majd a palástköszörült, a homlokmarás és a gyalult felület. Vagy pl. a homlokmarás és gyalulás tördeltségi fokát összevetve: gyalulásnál ez $2,5 \times 10^{-4}$, homlokmarásnál pedig $2,0 \times 10^{-4}$ érték, ez pedig a homlokmarás esetében 25 %-kal nagyobb difformáltsági értéket jelent. A nagyobb difformáltság nagyobb felületi energiát eredményez, ami a fokozott adszorpciós képesség miatt jobb kenési lehetőséget biztosít.

A 6. ábrán lemezgrafitos öntöttvasnak hántolással, homlokpalást- és homlokgyémánt-köszörüléssel megmunkált felületeiről kapott eredmények láthatók. Az ábrán feltüntetett hordfelület-, fiktív csúcs-, terhelési- és érdességgyakoriság eloszlásgörbékből lezűrhető, hogy a megmunkálástól függő felületi mikrogeometria alapján a kopásállósági hajlam tekintetében legjobb a hántolt, majd a gyémánt-, homlok- és végül a palástköszörült felület. A várható leggyorsabb bekopási szakasszal a palástköszörült felület rendelkezik, a leghosszabbal a homlokköszörült. A legnagyobb adszorpciós hajlama, vagyis kenőanyag-megkötő képessége: a hántolt ($T = 1,9 \times 10^{-4}$), a gyémántköszörült ($T = 2,4 \times 10^{-4}$), majd a homlokköszörült ($T = 2,9 \times 10^{-4}$), végül a palástköszörült ($T = 3,5 \times 10^{-4}$) felületnek van.

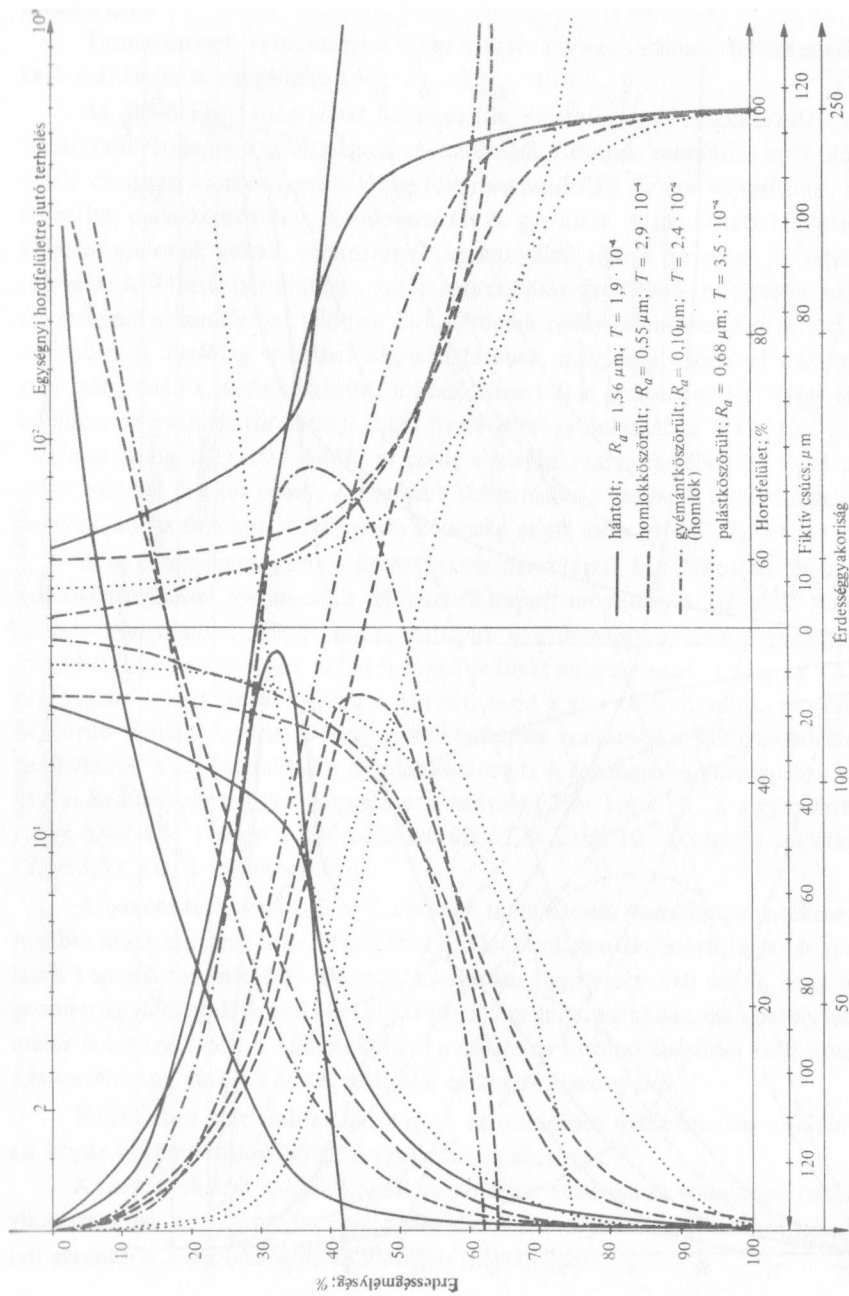
A bemutatott görbék és a 4. ábrában táblázatosan összefoglalt értékmérők még további számtalan információt adnak a felület funkcionális, morfológiai és megmunkálással kapcsolatos jellegéről. De minden esetben figyelembe kell venni, hogy a mikrogeometriai alakzatok üzemi viselkedésére még számtalan más befolyásoló paraméter is hatással van. A felületeknek önmagukban történő elemzése csak irányértékeket tartalmaz a súrlódó párok súrlódási és kopási viszonyaira.

Előzőekben már említettük, hogy a számítógépes felületanalízis a felületgeometria kopás közbeni alakulásának értékelésére is alkalmas.

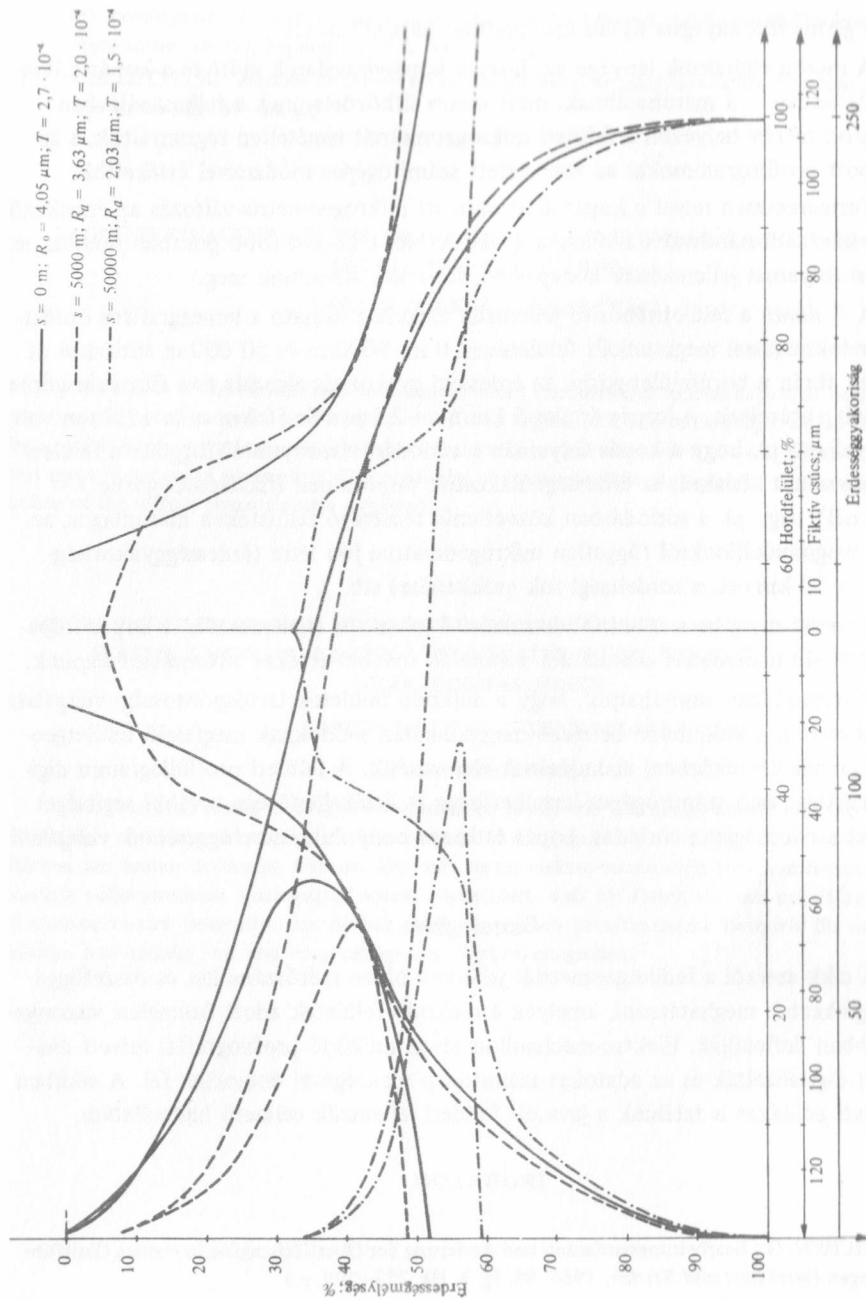
A megmunkálási módok kopási és súrlódási viszonyaira vonatkozó összehasonlító vizsgálatoknak természetesen csak addig van jelentősége, amíg az azokra jellemző felületi geometria a súrlódó-kopó felületeken megtalálható.



5. ábra. Felületminősítő jellemzők alakulása különböző megmunkálási módok, de azonos R_g érték esetén



6. ábra. Felületminősítő jellemzők alakulása különböző befejező megmunkálási módok esetén.



7. ábr. Feltétminősítő jellemzők alakulása a kopás függvényében.

Kopásméréseinknél mérőbázisként magát a megmunkálás következtében létrejött felületi geometria anyagba nyúló árokpontjait használtuk fel.

A mérési eljárásunk lényege az, hogy a kopásvizsgálatok előtt és a kopás különböző fázisaiban – a mérőhasábnak, mint merev ütközőelemnek a felhasználásával – ugyanazon mérési helyeken a felületi mikrogeometriát ismételten regisztráltuk, s az így kapott profilogramokat az ismertetett számítógépes módszerrel értékeltük.

Természetesen mivel a kopás által okozott mikrogeometria-változás az érintkező felületeken nem mindenütt azonos, a gyakorlatban a kopást több pontban mérjük, és a kopási folyamat jellemzésére közepes kopásértéket állapítunk meg.

A 7. ábrán a felületminősítő jellemzők alakulása látható a lemezgrafitos öntöttvas homlokmarással megmunkált felületének 0 m; 5000 m és 50 000 m súrlódási út után. Az ábrán a hordfelület-görbe az érdességi gyakoriság-eloszlás és a fiktívcsúcsgörbe változását ábrázoljuk. A kopás értéke 5 km után $2,7 \mu\text{m}$ és 50 km után $12,3 \mu\text{m}$ volt. Megfigyelhető pl. hogy a kopás folyamán a súrlódási viszonyoktól függően a felületi mikrogeometria átalakul; az érdességi alakzatok tömörülnek (fiktívcsúcsgörbe $s = 5 \text{ km-nél}$); vagy pl. a súrlódásban közvetlenül résztvevő felületeken másodlagos, az eredeti megmunkálásoktól független mikrogeometriai jön létre (érdességgyakoriság-görbe $s = 50 \text{ km-nél}$, a tördeltségi fok csökkenése) stb.

Ez esetben is, ha a többi felületminősítő jellemzőt is elemezzük, a kopás folyamatára, a mikrogeometria alakulására számtalan további értékes információt kapunk.

Összefoglalóan mondhatjuk, hogy a működő felületek tartóspontossági vizsgálata elengedhetetlen a különböző befejező megmunkálási módoknak megfelelő felületgeometriaés annak üzemközbeni alakulásának elemzésétől. A felületi profildiagramm digitális formában való számítógépes kezelhetősége és értékelhetősége további segítséget jelenthet a tribológia: a súrlódás, kopás és kenés bonyolult összefüggéseinek vizsgálatához.

Összefoglalás

A cikk szerzői a felületgeometriát jellemző olyan mérőszámokat és összefüggéseket igyekeztek meghatározni, amelyek a működő felületek adott üzemelési viszonyait legjobban definiálják. Elektro-mechanikus elven működő profilográf-felvett analóg jelet digitalizálták és az adatokat számítógép segítségével dolgozták fel. A cikkben gyakorlati példákat is találunk a javasolt felületi jellemzők célszerű használatára.

IRODALOM

- [1] ZEICHEN, G.: Bearbeitungsverfahren und Änderung der Oberflächengüte in ebenen Gleitführungen (*Werkstatt und Betrieb*, 1965, 98. Jg. 1. Ht. 223–229. p.)

- [2] KALISZER, H. – GRIEVE, D. J. – ROWE, G. W.: Digital Computation of Surface Topography. (*Proceedings of the Twelfth International Machine Tool Design and Research Conference, Manchester, 15–17. September 1971. 543–550. p.*)
- [3] COLLETTE, H.: Mesures de faibles usures sur glissières de machines-outils. (*Machine Outil, 1974. No. 312, 67–68. p.*)

LONG-TERM ACCURACY TESTING OF SLIDEWAY SYSTEMS OF MACHINE TOOLS USING COMPUTER METHODS

LÁSZLÓ MOLNÁR – TIBOR CSÁKI

Summary

The object of the authors was to determine index numbers and relationships that would define best the operation ratios of the effective surfaces. Digitalisation of the analogue signal recorded by a profilograph operating on the electro-mechanical principle was carried out and data processing was made by means of a computer. The paper also contains practical examples for the practical utilization of the surface characteristics suggested.

MIT RECHENTECHNISCHEN METHODEN DURCHFÜHRTE HALTBARKEITS-GENAUIGKEITS UNTERSUCHUNGEN VON SCHLITTENFÜHRUNGSSYSTEMEN BEI WERKZEUGMASCHINEN

LÁSZLÓ MOLNÁR – TIBOR CSÁKI

Zusammenfassung

Die Verfasser dieses Beitrages versuchten es, solche die Flächengeometrie charakterisierenden Meßzahlen und Zusammenhänge zu bestimmen, die die gegebenen Betriebsverhältnisse der Wirkflächen am besten definieren können. Das mit einem elektro-mechanisch funktionierenden Profilograph aufgenommene Analogsignal wurde digitalisiert, und die Daten wurden mit Hilfe eines Rechenautomaten bearbeitet. Im Beitrag findet man auch praxisbezogene Beispiele für die zweckmäßige Anwendung von den vorgeschlagenen Flächenkenngrößen.

Ласло Молнар – Тибор Чаки

Р е з ю м е

Авторы статьи старались определить показатели и зависимости характеризующие поверхностную геометрию, которые лучше всего дефинируют режим работы действующих поверхностей. Аналогный сигнал, снятый профилографом, работающим по электро-механическому принципу, преобразовали в цифровую информацию и данные обрабатывали с помощью вычислительных машин. В статье приведены и практические примеры для целесообразного применения предложенных поверхностных характеристик.

A szerzők címe: MOLNÁR LÁSZLÓ
egyetemi adjunktus
NME Szerszámgépek Tanszéke
3515 Miskolc – Egyetemváros

CSÁKI TIBOR
tanszéki mérnök
NME Szerszámgépek Tanszéke
3515 Miskolc – Egyetemváros

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Kulcsár Béla</i> : Nagy teljesítményű fokozatnélküli hajtóművek analitikai vizsgálata	3
<i>Lechner Egon – Lipka István</i> : Körkörös szelvények méréséről – – – – –	33
<i>Terplán Zénó</i> : A fogaskerék-bolygóművek áttételi viszonyai a működési határok figyelembevételével – – – – –	87
<i>Romvári Pál – Tóth László – Béres Lajos</i> : Adalékok ötvözetlen szerkezeti acélok ridegedésének vizsgálatához – – – – –	113
<i>Molnár László – Csáki Tibor</i> : Szerszámgépek szánvezeték-rendszereinek tartóspontossági vizsgálata számítógépes módszerrel – – – – –	140

A NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM KÖZLEMÉNYEI

III. sorozat

GÉPÉSZET

23. KÖTET · 1–2. FÜZET

MISKOLC, 1977.

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG:

DR. TERPLÁN ZÉNÓ

felelős szerkesztő

DR. CZIBERE TIBOR, DR. KOZÁK IMRE, DR. ROMVÁRI PÁL,
DR. TAJNAFŐI JÓZSEF

A kiadásért felelős: *Dr. Tajnafői József* rektorhelyettes

Sajtó alá rendezte: *Dr. Vincze Endre* egyetemi tanár

Technikai szerkesztő: *Németh Zoltánné*

Megjelent az NME Közleményei Szerkesztőségének gondozásában

Kézirat szedése: 1976. dec. 10–1977. febr. 28-ig, nyomása: 1977. máj. 1–1977. jún. 15-ig.

Példányszám: 450

Készült: IBM–72 composer szedéssel, rotaprint lemezzel

az MSZ 5601–59 és MSZ 5602–55 szabványok szerint, 9 B/5 ív terjedelemben

Engedély száma: MTTH–III–3183/1976.

A sokszorosításért felelős: *Tóto Ottó* mb. üzemvezető

Nyomdaszám: KSZ 77–661–NME