

A SZERSZÁM ÉS ANYAG KÖLCSÖNHATÁSA A FORGÁCSOLÁSBAN

HELYZETKÉP*

KAZINCZY LÁSZLÓ**

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

[Beérkezett 1972. május 31.]

Ez a tanulmány a téma két tényezőjeként a szerszám forgácsolókéességét és a munkadarab anyagának forgácsolhatóságát jelöli meg, egyben a gazdaságos gyártás és fejlesztéssel kapcsolatban mindkét tényező technológiai jelentőségét ismerteti. Mindenekelőtt a gyorsacél és keményfemes forgácsolószerszámok forgácsolókéességének egységes módon való meghatározását tartja szükségesnek. Ennek a célkitűzésnek a 4. ötéves terv keretében való megvalósítására részletes munka- és ütemtervet közöl.

I. Célkitűzés

A szerszám és anyag kölcsönhatását a forgácsolásban a szerszám forgácsolókéessége és az anyag forgácsolhatósága jellemzi. Az ezen témakörrel foglalkozó, az Elméleti Technológiai Akadémiai Bizottság által megbízott munkabizottságnak a 4-ik ötéves terv végére befejezendő célkitűzése: a hazai gyorsacél és keményfém forgácsoló szerszámok forgácsolókéességének vizsgálata a szerszám főbb paramétereinek függvényében. A munkabizottság a forgácsolhatósági vizsgálatokkal kapcsolatos kutatásokat csak a forgácsolókéességi vizsgálatok befejezése utáni időben tervezi megkezdeni.

A forgácsolókéesség a forgácsoló szerszámoknak az a tulajdonsága, mely azt anyagi összetétele, hőkezelése és élgeometriája révén a forgácsolás technológiai adatainak gazdaságos alkalmazásával a forgácsolásra alkalmassá teszi.

A forgácsolókéességet leggyakrabban a forgácsoló szerszám éltartásával mérjük, mely általában arról ad felvilágosítást, hogy a vizsgált forgácsoló szerszám éle a forgácsolási sebesség vagy más paraméter függvényében milyen elváltozást szenved.

* Ezt a helyzetképet az MTA Elméleti Technológiai Bizottság által kiküldött munkabizottság állította össze és terjesztette az Elméleti Technológiai Bizottság elé, amely azt megvitatta és jóváhagyta.

** Prof. Dr. Kazinczy László, Budapest XI., Mányoki út 24.

2. A forgácsolóképeségi kutatások jelentősége

Hazai gépgyártásunk gazdaságos termelékenységének forgácsoló szerszámaink minősége és teljesítménye egyik fontos tényezője. Ezért az e téren mutatkozó hiányosságok sürgős intézkedéseket követelnek. Az ilyen irányú munka összhangban van az MSZMP KB-nak a Párt X. Kongresszusán kiadott irányelveivel, mely szerint a szocialista gazdaság vezetőinek kötelességük a Párt gazdaságpolitikájának megvalósítására mindent megtenni. A Kormány távlati gazdaságpolitikája ugyancsak a gépipari termelékenység fokozását sürgeti.

A forgácsoló szerszám gyakorlati értékét a szerszám forgácsolóképesége képviseli. Ennek vizsgálata és megállapítása legtöbbször éltartamvizsgálatokkal történik. Ilyen vizsgálatokat különböző módszerekkel világszerte már legalább 75 éve végeznek. A kutató laboratóriumoknak és termelő üzemeknek azonban egyaránt *egységes* vizsgálati eljárásokra van szükségük. A vonatkozó előírásoknak figyelembe kell venniük az éltartamot befolyásoló paramétereket. Ilyenek: az anyagösszetétel, a hőkezelés, a szövetszerkezet, az élgeometria, a forgácsolási feltételek, a gép és munkadarab merevsége, a gép teljesítménye, az éltartam végét jelentő kritériumok, az éltartamot befolyásoló hűtő-kenőfolyadék összetétele stb.

A forgácsoló szerszám forgácsolóképeségének gazdasági jelentőségét a gyorsacél és keményfém forgácsoló szerszámanyagok évi fogyasztása is erősen kihangsúlyozza. Ezért a teljesítményhez viszonyított évi szerszámanyag-fogyasztásunk csökkentésére kell törekednünk.

Forgácsoló szerszámanyag-fogyasztásunk nagysága — mely népgazdaságunk jelentős tétele — nagymértékben a minőség függvénye, melynek vizsgálata a fejlesztés egyik alapfeltétele. Az egységes vizsgálatra irányuló nemzetközi és hazai kutatások határozott irányban haladnak, de még nem teljesen kiforrottak. Ha a kutatások megfelelő ütemben való folytatása biztosítva lesz, akkor remélhető, hogy az egységes vizsgálati módszerek a 4-ik ötéves terv idején belül rendelkezésünkre fognak állani.

3. A forgácsolóképeségi vizsgálatok hazai és külföldi helyzete

3.1. A forgácsolóképeségi vizsgálatok hazai helyzete

A hazai gyorsacél-gyártás és fogyasztás az 1930-as években már nagyobb lendületet vett. A különböző hazai minőségek osztályozása és a kereskedelemben forgalomba hozott minőségekkel való összehasonlítása forgácsolóképeségi vizsgálatokat tett szükségessé, melyeknél akkor még kizárólagosan az él teljes tönkremenetelének kritériumát alkalmazták. Ilyen kísérleteket az 1930-as és az

1940-es években főleg a MÁV és a MÁVAG budapesti és diósgyőri üzemében végeztek.

A forgácsolóképeségi kutatásokkal kapcsolatban az 1950-es években nálunk két főkutatási hely alakult ki, az egyik a Budapesti Műszaki Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszéken, a másik az akkori Gépipari Technológiai Intézetben, amelynek jelenlegi jogutódja a Vasipari Kutató Intézet. Az 1950-es évek forgácsolási kutatásainak egyik eredménye az MSZ 2663—53. és az MSZ 4356—55. szabvány. Az első az acélok forgácsolhatóságával, a másik a gyorsacél forgácsolási vizsgálataival foglalkozik.

Az 1960-as években forgácsolási kutató helyeink száma az NME Szerszám-gép Tanszéke, az NME Gépgyártástechnológia Tanszéke, a Szerszám és Gép-elemek Gyára és a Gépipari Technológiai Intézet kutató helyeivel bővült.

Az NME Szerszámgépek Tanszékén végzett kutatások között a gyorsacélok forgácsolóképeségi vizsgálatai figyelemre méltók. Ezek a Lenin Kohászati Művek fejlesztési programjához kapcsolódnak.

A Szerszám- és Gép-elemek Gyárában a keményfémek forgácsolóképeségi vizsgálatai folynak.

A Gépipari Technológiai Intézet a munkálhatósági kérdéseken kívül intenzíven foglalkozik az NC-gépek gazdaságos éltartam-kérdéseivel is.

3.2. A forgácsolóképeség vizsgálatának helyzete a Szovjetunióban

A szocialista országokban végzett forgácsolóképeségi és forgácsolhatósági elemző kutatások közül mind terjedelemben, mind eredményesség tekintetében a Szovjetunióban végrehajtottak a legfontosabbak. E nagy terjedelmű kutatások egyben a szocialista országok forgácsolási problémáira is rávilágítanak. Ezért a hazai kutatások mellett e keretben elegendőnek tartjuk a Szovjetunió kutatásainak irányait és főbb megállapításait ismertetni.

A publikált és hozzáférhető tanulmányok többségének fogalomalkotásában a forgácsoló szerszám forgácsolóképesége a munkadarab anyagának a szerszám forgácsoló részére gyakorolt koptató hatásában, az ún. éltartamban nyer értelmezést. A forgácsolási kutatások egyik legfontosabb célkitűzése a forgácsoló szerszámok forgácsolóképeségének az éltartam növelésével való fejlesztése.

Meghatározott anyagú munkadarab forgácsolásakor a kísérleti szerszám forgácsolóképesége a szerszám anyagától, méretétől, élkiképzésétől, hőkezelés utáni szövetszerkezetétől és az alkalmazott hűtő-kenő folyadék minőségétől függ. A Szovjetunióban végzett forgácsolóképeségi kutatások során a felforolt paraméterekkel kapcsolatban az éltartam viselkedését részletesen megvizsgálták. A vizsgálatokat jellegük szerint két csoportba osztották: üzemi- és teljes forgácsolóképeségi vizsgálatokra.

Az üzemi forgácsolóképeségi vizsgálatok célja annak eldöntése, hogy adott igényeket kielégítő szerszám a rendelkezésre álló gyártási adottságokkal milyen anyagból készítenőd a termelékenység és gazdaságosság biztosítására.

A forgácsolóképeség teljes vizsgálata a különféle forgácsoló megmunkálásoknál alkalmazandó szerszámok összes paramétereit figyelembe veszi.

Igen jelentősek azok a szovjet kutatások, amelyek kimutatták, hogy adott szerszámanyag és adott megmunkálandó anyag esetében a paraméterek változtatásával a vonatkozó összefüggés hatványai törvényszerűen változnak:

$$v = \frac{C_v}{T^{m=f(T,f,e)} f^{x_v=f(T,f,e)} e^{y_e=f(T,f,e)}}$$

ahol v — a forgácsolási sebesség,
 T — a szerszám éltartama,
 f — a fogásmélység,
 e — az előtolás.

A szovjet forgácsolási kutatásokban jelentős az a megállapítás is, mely szerint a forgácsolási sebesség, és a szerszám-éltartam összefüggés a minőségileg eltérő kopásformák miatt esetenként igen bonyolult formákat ölt és a $\log T$ — $\log v$ diagramok számos olyan fajtája jelentkezik, amelyekben e két paraméter kapcsolata nem lineáris.

Az új összetételű gyorsacélfajták, a forgácsoló keményfémek, valamint a keramikus és gyémánt forgácsoló szerszámanyagok és azok fejlesztése a Szovjetunióban ma már igen széles körű forgácsolási kutatásokhoz vezetett.

3.3. A forgácsolóképeségi vizsgálatok helyzete a nyugati (tőkés) országokban

A nyugati országokban a forgácsolóképeséget és a forgácsolhatóságot is magában foglaló komplex formában a *megmunkálhatóság* (Machinability) fogalmával értelmezik. Ennek lényege, hogy a J -vel jelölt megmunkálhatóságot vagy a hátkopás, vagy a kráteres kopás mérésével határozzák meg a v_{T20} vagy a v_{T60} ún. 20 perces éltartamot, ill. a 60 perces éltartamot biztosító forgácsolási sebességek arányával. E szerint a megmunkálhatóság képlete hosszú forgácsolási kísérletekkel megállapított 20 perces éltartam esetében:

$$J = \frac{v_{T20} \text{ a vizsgált anyagnál}}{v_{T20} \text{ a bázis-anyagnál}}$$

Az USA-ban bázisanyagként az ALSI B1112 hidegen húzott acélt jelölték meg, melynél a J értéke 100. Ebből következik, hogy minden olyan esetben, amikor a megmunkálhatóság az ALSI B1112 anyagnál rosszabb, akkor $J < 100$.

A hosszú forgácsolási kísérletekkel meghatározott éltartamot költséges volta miatt a nyugati országokban az iparban csak ritkán alkalmazzák. Helyette valamely „rövidített” vizsgálattal meghatározott v_{T20} vagy v_{T60} értékkel számítják a megmunkálhatóságot. A legtöbbször használt rövidített éltartam-meghatározás a kereszttesztergálás módszere.

A megmunkálhatóságot jellemző kutatások területén — amelyekben a forgácsolóképeségi kutatások is bennefoglaltaknak — nyugaton az ISO (International Organization for Standardization) és a CIRP (Collège International pour l'Étude Scientifique de Technique de Production Mécanique) tevékenységében jutnak leginkább kifejezésre.

A megmunkálhatóság problémájának megközelítése és egységes megoldása Európában és az USA-ban is más-más elgondolásokba ütközik. Ezt igazolja az az akadémikus vita, mely az ISO javaslata körül már 4 éve folyik.

4. Az ISO forgácsolási tervjavaslata

Egységes forgácsolási előírásokat, melyek a forgácsoló szerszámok forgácsolóképeségi előírásait is magukban foglalják, eddig sem hazánkban, sem külföldön még nem vezettek be. Erre az utóbbi években az ISO Műszaki Bizottsága dolgozott ki tervjavaslatot, melyet Munkabizottságunk a hazai forgácsolóképeségi vizsgálati előírások kidolgozásakor alapként javasol felhasználni. Ezért az ISO-tervjavaslatot a következőkben főbb részleteiben ismertetjük.

Az ISO-tervezetben megadott vizsgálati előírások acélnak és öntöttvasnak gyorsacél- és keményfémlapkás-esztergakéssel való forgácsolására vonatkoznak, de megfelelő módosításokkal más anyagok forgácsolására is alkalmazhatók. A tervezet nem vonatkozik átvételi vizsgálatokra. Főbb rendelkezései a következők:

4.1. A munkadarab anyaga

Amikor a szerszám a kísérleti változó, vagyis amikor a szerszám forgácsolóképeségét annak valamely paramétere függvényében vizsgáljuk, akkor a munkadarab anyaga C45-jelzésű acél, ill. 200 ÷ 220 HB-keménységű öntöttvas. A munkadarab befogására és a kísérletekkel összefüggő mérésekre a tervezet részletes előírásokat ad.

4.2. A forgácsoló szerszám

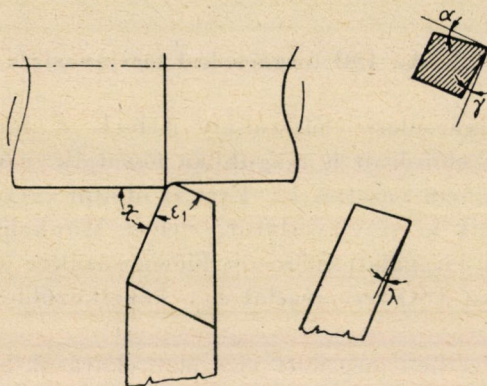
Ha a szerszám forgácsolóképeségét vizsgáljuk, akkor a kísérleti jegyzőkönyvben fel kell jegyezni a szerszámanyag megnevezését, kémiai összetételét,

mikroszerkezetét, keménységét és a szerszám élgeometriáját. A zsugorított keményfém-szerszámok betétlapkás kivitelűek legyenek.

Ha a szerszám forgácsolókéességét vizsgáljuk, és az élgeometria a kísérleti változó, akkor figyelembe kell venni az ISO-ajánlásnak erre vonatkozó feltételeit (I. táblázat és 1. ábra).

I. táblázat

A szerszám anyaga	Homlokszög γ	Hátszög α	Terelőszög λ	Elhelyezési-szög κ	Csúcsszög ϵ_r
gyorsacél	25°	8°	0°	75°	90°
keményfém	+6°	5°	0°	75°	90°
	-6°	6°	+6°	75°	90°



1. ábra. A kísérleti kés élgeometriája.

A forgácsolókéesség vizsgálatokra egyenesnagyoló esztergaként kell használni. A kísérleti szerszám szárának és szerszámtartójának méreteire, kivitelére, tűréseire, felületi kikészítésére és újraélezésére az ISO-tervjavaslat részletes előírásokat tartalmaz.

A forgácsolókéesség vizsgálatokra használt eszterga megfelelően merev konstrukciójú és elegendő teljesítményű legyen. Kívánatos, hogy a gép fordulatszámja fokozatmentesen legyen szabályozható.

Minden forgácsolókéesség kísérletet vagy szárazon, vagy az ISO-tervjavaslatban meghatározott hűtő-kenő folyadék alkalmazásával kell végezni.

4.3. A forgácsolókéesség vizsgálat

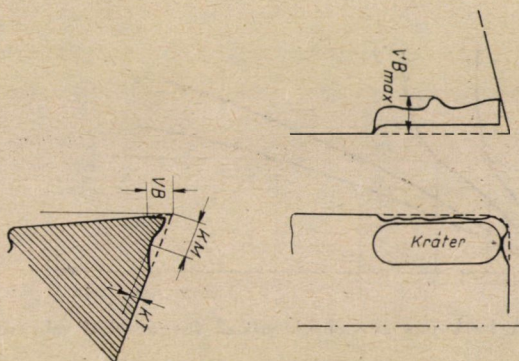
Az összes kísérleteknél, amelyeknél az előtolás és a fogásmélység nem kísérleti változó, a forgácsolási feltételek a következők:

előtolás (e mm/ford.) 0,1, 0,25, 0,4, 0,63, tűrés $\pm 3\%$,

fogásmélység (f mm) 1,0, 2,5, 2,5, 2,5, tűrés $\pm 5\%$

Megfelelő pontos középértékek elérésére minden forgácsolási sebességgel legalább 3 kísérletet kell végezni.

A forgácsolási sebességet úgy kell megválasztani, hogy az éltartam a legnagyobb sebességnél is legalább 5 perc legyen. Nehezen forgácsolható anyagok forgácsolásakor a minimális éltartam 2 perc.



2. ábra. Az esztergakés kopása.

A forgácsolási sebességet a munkadarab forgácsolandó felületére kell vonatkoztatni.

4.4. Szerszámkopás és szerszám-éltartam

Gyorsacél szerszámoknál az előnyben részesített kopás-kritérium az él teljes tönkremenetele.

Zsugorított keményfém forgácsoló szerszámoknál a kopás-kritérium acél és öntöttvas forgácsolásakor $VB = 0,3$ mm, ha a kopási szalagszélesség egyenletes, és $VB = 0,5$ mm, ha a szalagszélességnek kiugró részei vannak (2. ábra).

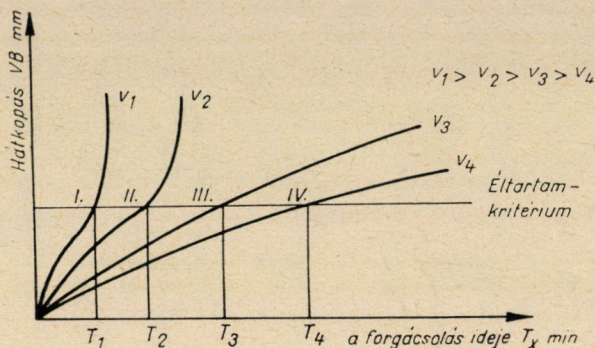
A kísérleteknél az alábbi kopási kritériumok is alkalmazhatók: a) gyorsacél szerszámhoz a $VB = 0,3$ egyenletes hátkopási szalagszélesség vagy $VB = 0,5$ mm maximális hátkopási szalagszélesség; b) keményfém forgácsoló szerszámok esetében a kopási kritérium a KT krátermélység, melyet a következő képlettel számítunk: $KT = 0,06 + 0,3 e$, ahol e az előtolás mm/ford.

A VB kopási szalagszélességet a főforgácsolóél eredeti helyzetétől kell mérni.

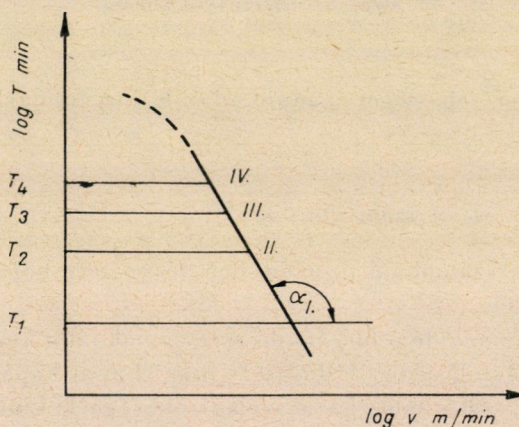
A KT krátermélységet mindenkor mint a kráterfenék és az eredeti homlokszél közötti maximális távolságot mérjük.

A különböző forgácsolási sebességeknél végzett hátlapkopási és időmérések a 3a. ábrán látható görbéket adják, a 4a. ábrán látható kopási görbéket pedig a kráteresedés mérésével kapjuk.

A 3b. és a 4b. ábrák a 3a. és a 4a. ábrák alapján a T éltartamot a v forgácsolási sebesség függvényében logaritmikus léptékben ábrázolják. Ezekben a $T-v$ görbék bizonyos sebességtartományban lineárisnak tekinthetők.



3a. ábra. A hátlapkopás görbéi különböző forgácsolási sebességeknél.

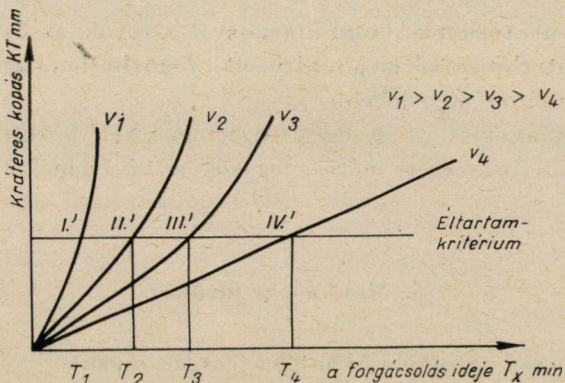


3b. ábra. A 3a. ábra alapján a T -éltartam a v forgácsolási sebesség függvényeként logaritmikus léptékben ábrázolva.

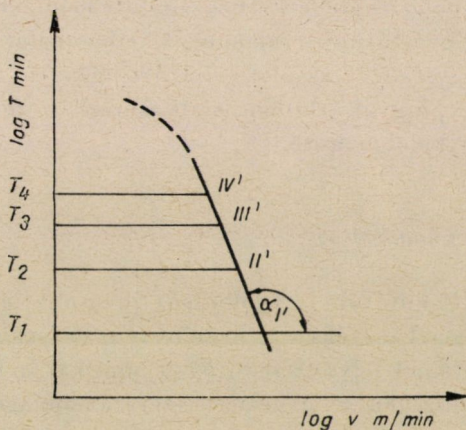
A 3b. és a 4b. éltartamgörbék lineáris szakaszára a következő egyenlet írható fel:

$$vT^{-1/k} = C,$$

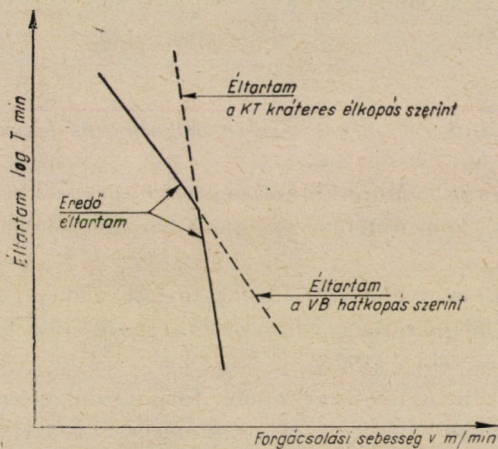
ahol v = a forgácsolási sebesség m/min,
 T = az éltartam percekben,
 k = $\text{tg } \alpha$,
 C = állandó.



4a. ábra. A kráteres kopás görbéi különböző forgácsolási sebességeknél.



4b. ábra. A 4a. ábra alapján a T-éltartam a v forgácsolási sebesség függvényeként logaritmikus léptékben ábrázolva.



5. ábra. A hátkopás és kráteres kopás kombinált vT-görbéje.

A hát- és kráterkopás kombinációjával kapjuk az 5. ábrán ábrázolt vT -görbét. A kráterkopással meghatározott vT -görbe rendszerint a hátkopással kiértékelt görbénél meredekebb.

Az ISO-tervjavaslat az egységes forgácsolási kísérletek előírt és megállapított értékeinek feljegyzésére mérési jegyzőkönyvi űrlapokat rendszeresített.

5. Munka- és ütemterv

„A szerszám és anyag kölcsönhatása a forgácsolásban” című téma kutatási terve a forgácsoló szerszám forgácsolóképességének — a forgácsolásra való alkalmasságának — feltételeit vizsgálta. Megállapítást nyert, hogy erre jelenleg alkalmas beföldi és külföldi véglegesített vizsgálati módszer még nincsen. Forgácsoló szerszámanyag-gyártásunk, valamint a felhasználás nemzetgazdasági szempontjai olyan egységes vizsgálati eljárást igényel, amelynek elvi meghatározásai alapján egy, a gyakorlatban is alkalmazható forgácsolóképességi vizsgálati módszer is kidolgozható.

5.1. A témával foglalkozó kutatóhelyek

A Munkabizottság két kutatóhely felállítását javasolja: *a)* az egyiket a BME Gépgyártástechnológia Tanszékén a keményfém-szerszámanyagok forgácsolóképességei vizsgálatának elvégzésére; *b)* a másikat a Miskolci NME Gépgyártástechnológia Tanszékén a gyorsacél szerszámanyagok forgácsolóképességének vizsgálatára.

A két kutatóhely a részfeladatokat koordinálja, és munkájához a szükséghez mérten a többi egyetemi tanszéket, valamint egyes ipari és tudományos kutatóhelyeket is felkéri.

5.2. A két kutatóhely által a 4. ötéves tervben megoldandó feladatok

A kutatási munkát a Munkabizottság a következőkben jelöli meg:

A gyorsacél és keményfém-szerszámok forgácsolóképességének elvi meghatározása (1972).

A gyorsacél és keményfém-szerszámok forgácsolóképességi mérőszámának elvi és gyakorlati meghatározása hosszú éltartamméréssel a szerszám főbb paramétereinek függvényében (1972).

A gyorsacél és keményfém-szerszámok forgácsolóképességi mérőszámának üzemi meghatározása rövidített éltartamméréssel a szerszám főbb paramétereinek függvényében (1973).

A jelenlegi és a 4. ötéves terv ideje alatt gyártott hazai gyorsacél és keményfém forgácsoló szerszámanyagok forgácsolókéességének meghatározása, osztályozása és a külföldi minőségekkel való összehasonlítása (1974).

A forgácsolókéességi kutatásoknál a Munkabizottság a legújabb ISO-tervjavaslatot javasolja figyelembe venni.

Situation Report on „The Mutual Action of the Tool and the Material in Machining”. This paper is a report which designates as the two factors of the subject the machining capacity of the tool and the machinability of the workpiece material. In connection with economical production and development the technological importance of both factors is dealt with. First of all an unified method for the determination of the machining capacity of rapid steel and of carbide machining tools is needed. The review presents a detailed working program and time table for realizing these aims during the 4th Five Years Plan.

Situationsbericht „Wechselwirkung des Werkzeugs und des Werkstoffs bei der Zerspannung”. Diese Studie ist ein Situationsbericht, der als die zwei Komponenten des Themas die Zerspannungsfähigkeit des Werkzeugs und die Zerspanbarkeit des Werkstoffs bezeichnet. Im Zusammenhang mit der wirtschaftlichen Fertigung und Entwicklung wird auch die technologische Bedeutung beider Faktoren besprochen. Vor allem ist die einheitliche Bestimmung der Spanungsleistung von Zerspanwerkzeugen aus Schnellstahl und aus Hartmetall notwendig. Der Situationsbericht bringt einen detaillierten Arbeits- und Terminplan für die Verwirklichung dieser Zielstellung im Rahmen des 4. Fünfjahrplans.