

Szerszámok és készülékek

2018. október 4. 8⁰⁰-11¹⁵

Szerszámok anyagai

Dr. Kozsely Gábor

ANYAGOK

A **szerszámkészítő szakemberek**, munkájuk végzése során **anyagokkal dolgoznak. Anyagokat munkálnak meg, alakítanak át** a szerszám- és készülékelemek gyártásakor.

Az **általuk készített készülékekkel, szerszámokkal gyártott munkadarabok szintén anyagokból** vannak.

Tehát szakszerű munkájuk **elengedhetetlen feltétele az anyagok ismerete**, amely az anyag tulajdonságainak ismeretét, azok alapján a felhasználhatóságának, alkalmazhatóságának, valamint egységes jelölésének ismeretét jelenti.

SZERSZÁMANYAGOK CSOPORTOSÍTÁSA, JELLEMZŐ TULAJDONSÁGOK

- Szerszám- és gyorsacélok**
- Keményfémek és kerámiák (karbid, oxid, nitrid alapú keverékek)**
- Szuperkemény anyagok**

ACÉL

A **legfontosabb a fémes anyagok** csoportja. Tiszta fémeket (színfémeket) csak ritkán alkalmazunk.

Szerkezeti anyagként a fémek ötvözeteit használjuk, amelyek közül a **vasötvözeteknek**, azok közül is elsősorban az **acélnak van legnagyobb szerepe.**

Az acél a vasnak karbonnal alkotott ötvözete, amely legfeljebb 2,06 tömegszázalék kARBONT tartalmaz.

VAS - KARBON ÖTVÖZETEK

A **vas-karbon ötvözetek** egyensúlyi kristályosodását az **Heyn-Charpy-féle** kettős diagramon tanulmányozhatjuk.

Ez az alapvető diagram alakját tekintve ma is érvényes, bár a kidolgozása óta eltelt időben egyes pontjainak koordinátáit (összetétel és hőmérséklet adatait) a **mérési módszerek és a műszerek tökéletesedésének eredményeként többször módosították.**

IKERDIAGRAM

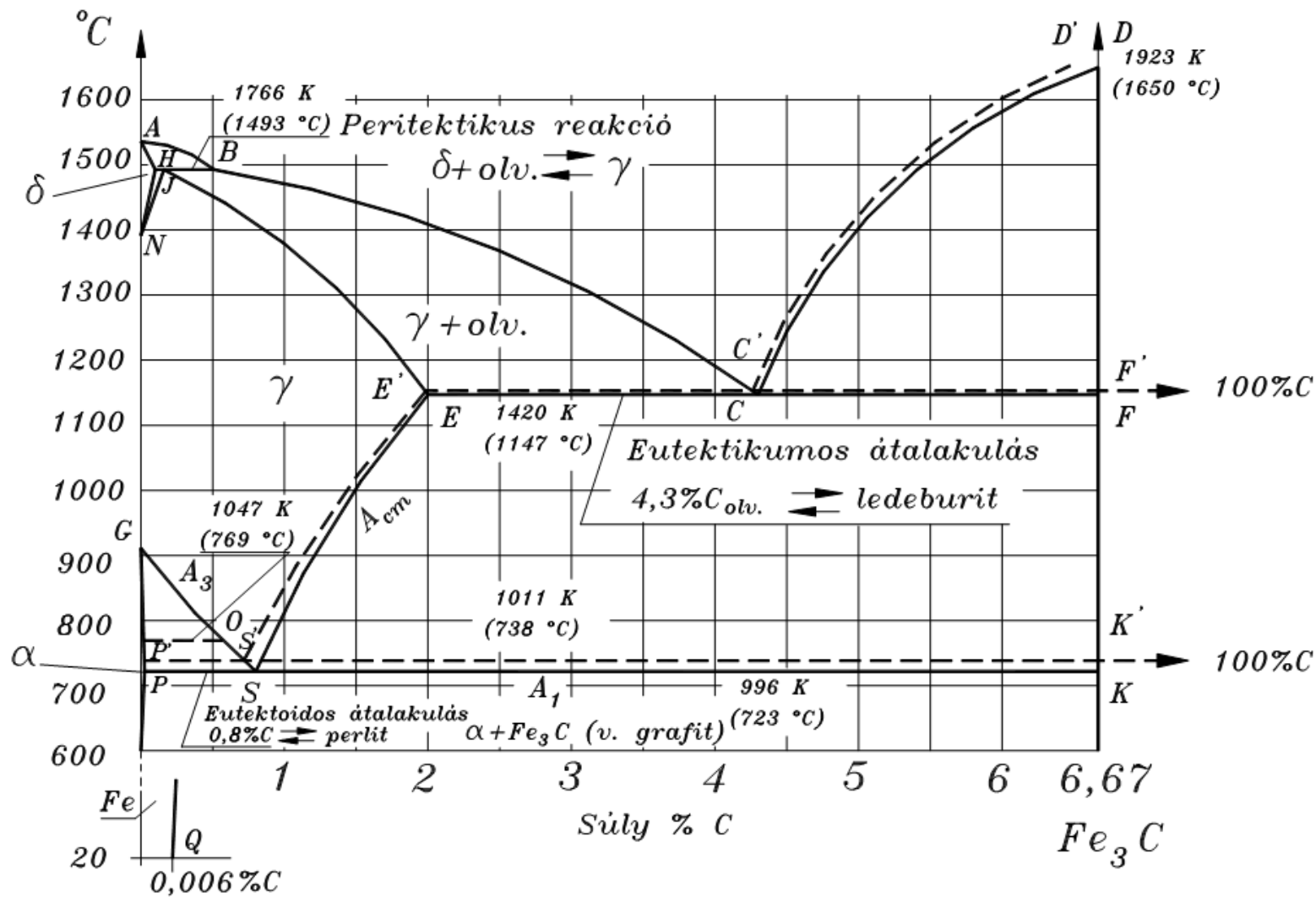
A diagram tulajdonképpen egy egyensúlyi kristályosodásra (ún. stabilis kristályosodásra) és egy kvázi-egyensúlyi kristályosodásra (ún. metastabilis kristályosodásra) vonatkozó kettős-diagram.

Ez a **kettősség** elsődlegesen a **karbon** vasötvözetekben való előfordulásának módjaival függ össze.

A karbon a vasötvözetekben előfordulhat

- szabad formában **grafitként** (C), illetve
- kémiaiilag kötött formában **vaskarbid** (Fe_3C) fémes vegyületként.

VAS-KARBON DIAGRAM



VAS-KARBON DIAGRAM FÁZISAI

5 önálló fázis van:

α -ferrit: térben középpontos,
szilárd oldat

$\alpha(\delta)$ -ferrit: térben középpontos,
szilárd oldat

ausztenit (γ -vas): felületen középpontos, szilárd
oldat

cementit (Fe_3C): ortorombos rácsú intermetallikus
vegyület

olvadék: folyékony Fe-C oldat

VASÖTVÖZETEK REAKCIÓI

Három megfordítható (invariáns) reakció

A vízszintes vonal mindig invariáns reakciót jelöl kétalkotós fázisdiagramban:

Peritektikus reakció: 0,16 C %-nál 1493°C-on



Eutektikus reakció: 4,3 C %-nál 1147°C-on

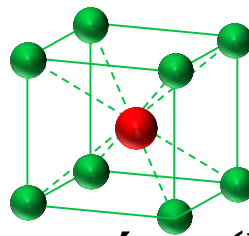


Eutektoidos reakció: 0,8 %C-nál 723°C-on



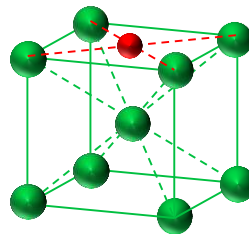
AZ ÖTVÖZŐELEM CSOPORTOSÍTÁSA A SZILÁRD OLDAT KRISTÁLYRÁCSÁBAN ELFOGLALT HELYZETE SZERINT

Szubsztitúciós ötvözőelemek:



króm (Cr); kobalt (Co); mangán (Mn); nikkel (Ni);
réz (Cu); titán (Ti); volfrám (W); vanádium (V)

Intersztíciós ötvözőelemek:



bór (B); hidrogén (H); karbon (C); oxigén (O)

VASÖTVÖZETEK FÁZISÁTALAKULÁSAI

Az **ausztenit** az összetételétől függően adott hőmérséklet alatt (A_1 , A_3 , A_{cm}) elveszti **termodinamikai stabilitását**, és olyan átalakulásokon megy át, melynek során a **rendszer kisebb energiájú állapotba** jut.

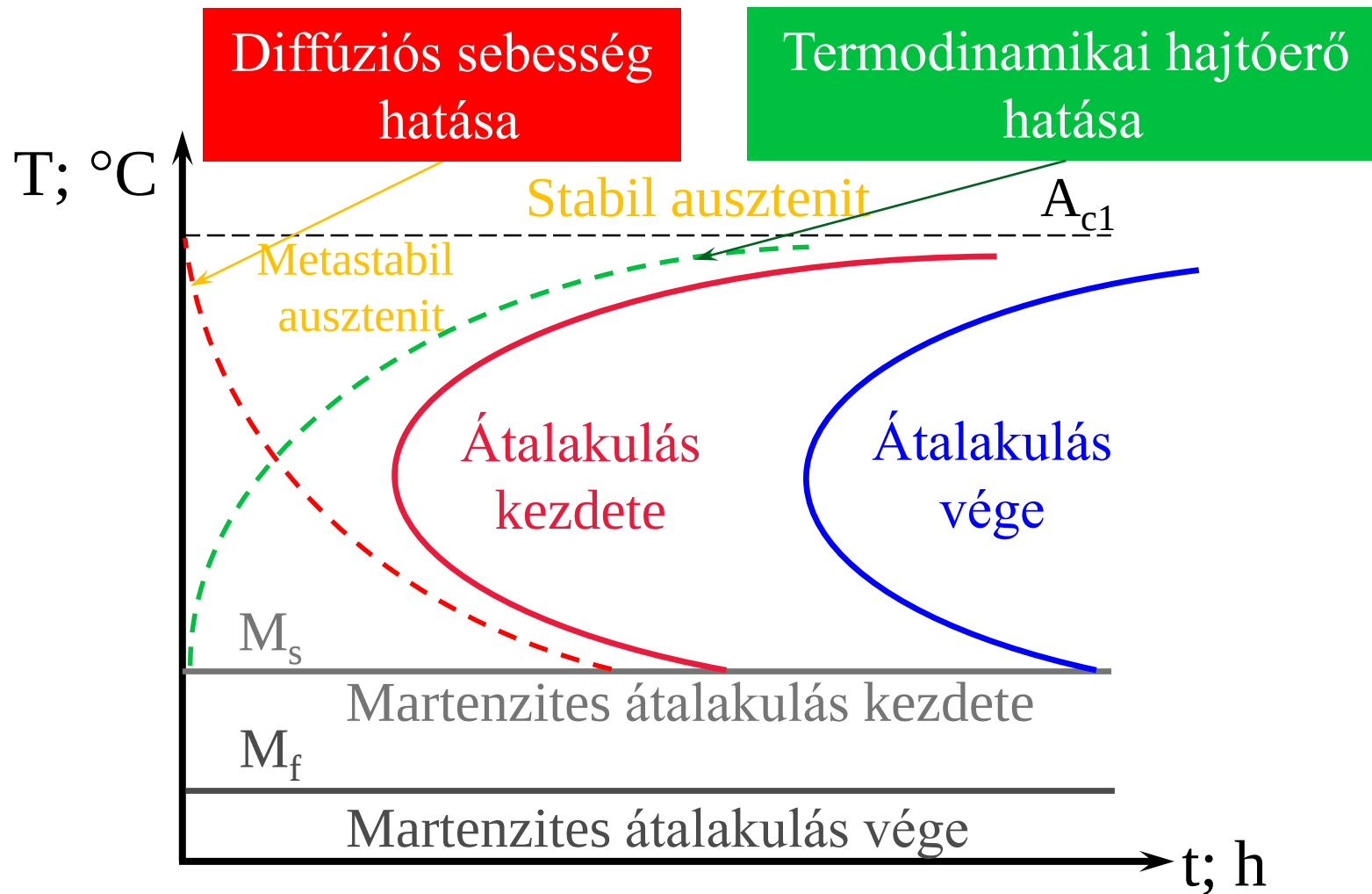
Az **ausztenit átalakulása** az **összetételtől** és a **hőmérséklettől** függően, egymástól eléggé eltérő mechanizmusokkal, **különböző szövetelemeket létrehozva** mehet végbe. Az átalakulásokat két, egyidejűleg fellépő jelenség irányítja:

Az átalakulásokat két, egyidejűleg fellépő jelenség irányítja:

FÁZISÁTALAKULÁSOKAT IRÁNYÍTÓ MECHANIZMUSOK

1. A termodinamikai hajtóerő: adott hőmérsékleten a felületen középpontos **ausztenit** (γ) térben középpontos **ferrité** (α) és ortorombos **cementit**é alakul át. Az átalakulási folyamat általában csíráképződéssel kezdődik.
2. Az átalakulás kinetikája: ez határozza meg a csíráképződés és a csíranövekedés feltételeit. Az **ausztenitben** oldott **karbonatomok** nagy részének el kell távoznia a **ferrité** alakuló kristályrácsból. Szilárd állapotban az atomok mozgása csak **diffúzióval** lehetséges, a **diffúciónak viszont jelentős időszükséglete van.**

VASÖTVÖZETEK FÁZISÁTALAKULÁSAI



AUSZTENIT ÁTALAKULÁSAI

Ausztenit

Fázisátalakulás folyamat

M_s alatt

M_s és kb. 500°C
között

Kb. 500°C és A_1
között

A karbon a
ferritben marad

A karbon részben
diffundál

A karbon teljes
diffúziója

Martenzit

Bainit

Ferrit+Perlit

PERLITES ÁTALAKULÁS

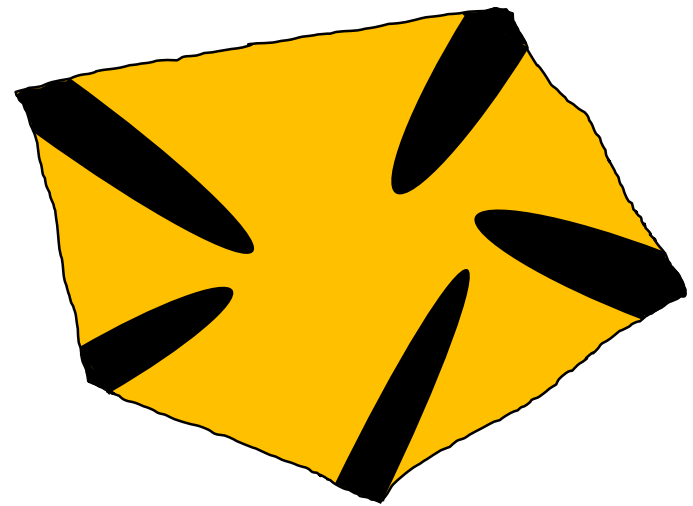
A két későbbiekben tárgyalandó átalakulástól eltérően eutektoidos **átalakulás egyensúlyi körülmények** között is végbemehet, hiszen az Fe-Fe₃C diagram szerint a PSK vonalnak megfelelő hőmérsékleten a közelítőleg 0,8% karbont tartalmazó **ausztenitből**, **ferritből** és **cementitből** álló lemezes szerkezetű szövetelem, perlit képződik. Az eutektoidos összetételű ausztenit A₁ és kb. 550°C között perlitesen alakul.

A perlit keletkezése **diffúzióval** végbemenő heterogén átalakulás, a csíra minden esetben az **ausztenit szemcsehatárai** mentén jelenik meg. Általában feltételezik, hogy a cementit csírája jelenik meg először, bár más elképzelések is ismertek.

PERLITES ÁTALAKULÁS

Ha a **csíra mérete és a hőmérséklet a cementitkristály stabilitásának feltételeit kielégíti**, a csíra növekszik, oly módon, hogy az **ausztenitből** megfelelő mennyiségű karbon diffundál a cementit felé.

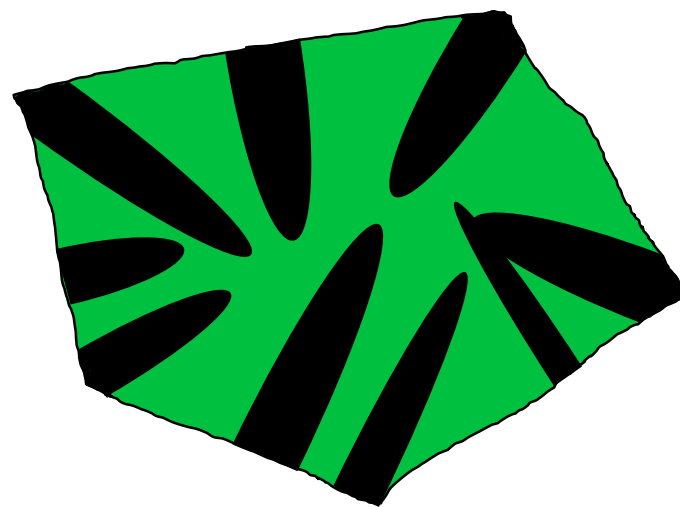
A **cementitkristály növekedése** azzal a következménnyel jár, hogy környezetében az **ausztenit** karbonban elszegényedik.



PERLITES ÁTALAKULÁS

Ekkor a **cementitkristály** mellett **ferritkristály**, **ferritlemezke** képződik. A továbbiakban a **ferritkristály** és a **cementitkristály** is növekszik

A **ferritkristály növekedése** a **karbontartalom felszaporodásához** vezet az **ausztenit-ben**, és így a ferrit mellett ismét kialakulnak a cementit képződésének, stabilitásának feltételei.



BAINITES ÁTALAKULÁS

A **bainites átalakulás** némely tekintetben a perlites, más tekintetben pedig a **martenzites átalakulás** jellegzetességeit mutatja, ezért joggal nevezik **közbenső átalakulási módnak**.

Klasszikus bainit megjelenési formái:

Felső bainit: a **ferrit képződés** során az **ausztenit** karbonban dúsul és ebből azonnal kiválik a **karbid**.

Alsó bainit: a **karbon** már nem képes az **ausztenitbe** diffundálni és a karbid kiválása a ferriten belül megy végbe.

MARTENZITES ÁTALAKULÁS

Martenzites átalakulás nemcsak a vasötvözetekben fordul elő. Martenzitnek általában a **diffúzió nélkül, kooperatív atommozgással** lezajló átalakulási folyamat termékét szokás nevezni.

További jellegzetessége a martenzitnek, hogy az átalakuló fázis és a **martenzit között meghatározott kristálytani kapcsolat** van.

A **kooperatív mozgás** végeredményben alakváltozás jellegű folyamat. Az alakváltozás jelleg főleg akkor szembetűnő, ha a martenzit metszi a felületet, mert ilyen esetben **felületi rajzolat** (relief) jelenik meg.

MARTENZITES ÁTALAKULÁS

Az **ausztenit** **martenzitesen** csak akkor alakulhat át, ha a **hűtés olyan gyors, hogy nincs lehetőség a diffúziós folyamatok által irányított** eutektoidos, vagy bainites átalakulásra.

Azt a hőmérsékletet, amelyen a martenzit képződése megindul, M_s hőmérsékletnek nevezzük, M_f hőmérséklettel jelöljük az átalakulás befejező hőmérsékletét.

Az M_s hőmérsékletet az **átalakuló ausztenit összetétele**, legerőteljesebben pedig a **karbontartalma** határozza meg.

MARTENZITES ÁTALAKULÁS

Az ötvözetlen acélok M_s hőmérséklete 500 és 200°C között van, a saválló **Cr-Ni** acéloké pedig **szobahőmérséklet alatt**.

A martenzites átalakulás egyik leglényegesebb vonása az, hogy a **képződött martenzit mennyisége** csak attól a **hőmérséklettől függ**, amelyre az acélt lehűtöttük, de **független az átalakulás hőmérsékletén eltöltött időtől**. Néhány erősen ötvözött acélban azonban izotermikus körülmények között is változhat a martenzit mennyisége.

MARTENZIT TULAJDONSÁGA

A **martenzit keménysége, szilárdsága** azzal magyarázható, hogy a **martenzit karbonban erősen túltelített**, és így a **ferrit rácsa erősen torzul**.

Továbbá a **martenzit igen kis szemcseméretű és ezen túlmenően még nagy diszlokációsűrűségű is**.

A **szubsztitúciós elemek** is okoznak bizonyos mértékű **rácstorzulást és így szilárság növekedést**, de az **ilyen elemek hatása még erősen ötvözött acélokban is lényegesen kisebb, mint az előbb említett két tényezőé**.

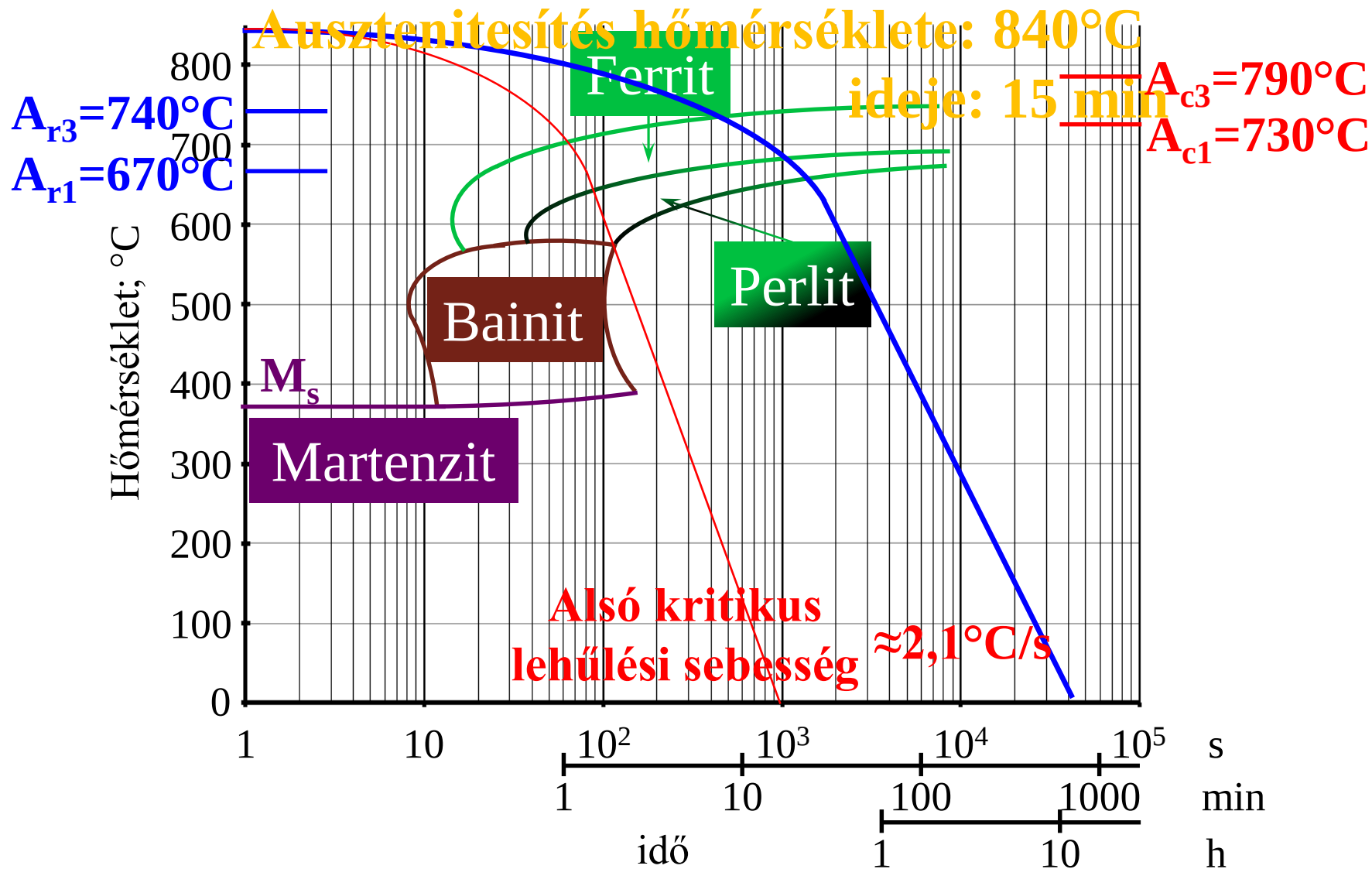
MARTENZIT ÉS MARADÉK AUSZTENIT

Mivel a **martenzites átalakulás** térfogat növekedéssel jár, a martenzit által **körülhatárolt ausztenitben nyomófeszültségek** ébrednek.

A nyomófeszültség hatása alatt lévő ausztenitben az átalakulás nehezebben zajlik le, sőt az átalakulás el is maradhat.

A martenzites átalakulás során a **visszamaradó ausztenitet maradék ausztenitnek** nevezzük.

FOLYAMATOS ÁTALAKULÁS ELVI VÁZLATA



ACÉLOK CSOPORTOSÍTÁSA

Felhasználás szerint lehetnek:

- **szerkezeti acélok:** (kedvező mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek, megfelelő szilárdság mellett megfelelő szívóssággal is rendelkeznek és nagy az alakváltoztató képességük). A szerkezeti acélfajták karbontartalma 0,6%-nál többnyire kisebb.
- **szerszámacélok:** Legfontosabb tulajdonságai a keménység és a kopásállóság. Karbontartalmuk 0,6% fölötti, többnyire edzett állapotban használják. Lehetnek hidegalakító, melegalakító és forgácsoló szerszámacélok.

ACÉLOK CSOPORTOSÍTÁSA

Összetétel alapján lehetnek:

- **ötvözetlenek:** a karbonon kívül az ötvözőelemeket és szennyezőelemeket mennyisége nem halad meg egy bizonyos határértéket, azaz szándékosan adagolt ötvözőelemeket nem tartalmaz.
- **ötvözött acélok:** a karbonon kívül jelentős mennyiségű ötvözőelemet is tartalmaz. Lehetnek gyengén és erősen ötvözött acélok.

ACÉLOK SZABVÁNYOS JELÖLÉSE

Az acélminőségek jelölésére kétféleképpen történhet:

- **MSZ EN 10027-1** alapján jelölés **rövid jellel**
- **MSZ EN 10027-2** alapján jelölés **számjellel**

ACÉLOK SZABVÁNYOS JELÖLÉSE RÖVID JELLEL

- **Fő jelek MSZ EN 10027-1** szerint:
 - **1. csoport:** A jelölés megfelel **az acélok mechanikai tulajdonságainak és felhasználásuknak.**
 - **2. csoport:** A jelölés megfelel a **vegyi összetételnek.** További négy alcsoport.
- **Kiegészítő jelek IC 10** alapján:
 - **Acélanyag kódja.**
 - **Felhasználás, termékforma kódja.**

FŐ JEL 1. CSOPORT

Az acélok jelölése **mechanikai tulajdonságaik** és **felhasználásuk** szerint. A kód tartalmazza a **fő jeleket**, amelyet **egy szám követ**.

A fő jelek az acél felhasználási területére vonatkoznak, amelyek a következők:

Betűjel	Felhasználás	Példa
S	Szerkezeti acélok	S355N
P	Nyomástartó edény	P275NH
L	Csővezeték	L290GB
E	Gépacél	E360

ACÉLOK OSZTÁLYOZÁSA

Ebben a csoportban a **fő jelet** követő szám a legkisebb anyagvastagságra vonatkozó **legkisebb folyáshatár értéke N/mm²-ben**, amely lehet felső vagy alsó folyáshatár (R_{eH} vagy R_{eL}), illetve terhelt állapotban mért egyezményes folyáshatár (R_p), vagy névleges folyáshatár (R_t). Ezeket az előírásokat a termékszabványok tartalmazzák.

FŐ JEL 1. CSOPORT

További felhasználások jelölések

Betűjel	Felhasználás	Példa	Megjegyzés
B	Betonacélok	B500	1
Y	Acélok előfeszített betonszerkezetekhez	Y1770	2
R	Sínacélok	R0900	2
H	Hidegen hengerelt lapos acéltermékek nagy szilárdságú acél- ból hideghúzásra;	H360	3

ACÉLOK OSZTÁLYOZÁSA

Megjegyzések:

- 1 Az utána lévő szám a jellemző **folyáshatár** értéke,
 N/mm^2*
- 2 Az utána lévő szám a **szakítószilárdság** alsó értéke,
 N/mm^2*
- 3 Az ezt követő szám az előírástól függően vagy a
folyáshatárt, vagy a **szakítószilárdságot** jelenti
 N/mm^2 -ben*

FŐ JEL 1. CSOPORT

Még további felhasználások jelölések

Betűjel	Felhasználás
D	Lapos termékek hidegalakításra
T	Ónozott termékek
M	Elektrotechnikai acél

KIEGÉSZÍTŐ JELEK

Két részből állhatnak:

- 1) Vonatkozhat az acél **egyéb mechanikai tulajdonságára** (például az ütőmunka értékére: $J \div 27J$ $K \div 40J$ $L \div 60J$), és az utána lévő jel a vizsgálati hőmérsékletet jelzi ($+20^{\circ}C$ -tól $-60^{\circ}C$ -ig):

KIEGÉSZÍTŐ JELEK

Az ütőmunka és a vizsgálati hőmérséklet jelölése:

Ütőmunka			Hőmérséklet
27J	40J	60J	°C
JR	KR	LR	+20
J0	K0	L0	0
J1	J1	L1	-10
J2	K2	L2	-20
J3	K3	L3	-30
J4	K4	L4	-40
J5	K5	L5	-50
J6	K6	L6	-60

KIEGÉSZÍTŐ JELEK

Két részből állhatnak:

2) Továbbá utal a szállítási állapotra, például

Betűjel	Szállítási állapot
M	Termomechanikusan hengerelt
N	Normalizált vagy szabályos hőmérsékleten hengerelt
Q	Nemesített

PÉLDA

Az MSZ EN 10027-1 szerint a minimum **$R_e=355\text{N/mm}^2$ folyáshatárú, -20°C -on KV27J** szavatolt ütőmunkájú, normalizált szerkezeti acél jele: **S355J2**.

Fő jel MSZ EN 10027-1 szerint		Kiegészítő jelölés IC 10 szerint
S Szerkezeti acél	355 minimum $R_e=355\text{N/mm}^2$ folyáshatárú	J2 ütőmunka min. 27J -20°C -on

FŐ JEL 2. CSOPORT

Az acélok jelölése vegyi összetételük szerint

2.1. alcsoport: Ötvözetlen acélok, ha a Mn-tartalom középértéke 1%-nál kisebb. (Az automata acélok nem tartoznak ebbe a csoportba.)

A kód sorrendben a következő jeleket tartalmazza:

- a C-betűt;
- az előírt karbontartalom középértékének százszorosát.

Például a **0,45% átlagos karbontartalmú** ötvözetlen acél jele: **C45**

FŐ JEL 2. CSOPORT

2.2. alcsoport: Ide tartoznak az ötvözetlen acélok, ha a **Mn-tartalom középértéke legalább 1%**, az ötvözetlen automata acélok, továbbá az ötvözött acélok (a gyorsacélok kivételével), ha **egyik ötvözőeleme sem haladja meg az 5%-ot.**

A kód sorrendben a következő jeleket tartalmazza:

- az előírt karbontartalom középértékének százszorosát;
- az acél jellemző ötvözőinek vegyjelét, a mennyiség csökkenésének sorrendjében (azonos mennyiségek esetében alfabetikus sorrendben);
- az ötvözőelemek tartalmát a megadott tényezővel megszorozva és a legközelebbi egész számra felkerekítve.

KIEGÉSZÍTŐ JELEK

A **2.2. alcsoport** ötvözőelemeinek szorzótényezői

Az ötvözőelem vegyjele	Szorzó- tényező
Cr , Co, Mn , Ni , Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo , Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

FŐ JEL 2. CSOPORT

2.3. alcsoport: Az ötvöztött acélok (a gyorsacélok kivételével), ha **bármelyik ötvöző mennyisége meghaladja az 5%-ot.**

A kód sorrendben a következő jeleket tartalmazza:

- az X betűt;
- az előírt karbontartalom középértékének százszorosát;
- az acél jellemző ötvözőinek vegyjelét, a mennyiség csökkenők sorrendjében
- az ötvözőelemek előírt mennyiségének középértékét, a legközelebbi egész számra kerekítve.

FŐ JEL 2. CSOPORT

2.4. alcsoport: Gyorsacélok.

A kód sorrendben a következő jeleket tartalmazza:

- a HS betűket;
- az ötvözőelemek átlagos mennyiségét, egymástól kötőjellel elválasztva, a következő sorrendben:
 - ~ **volfrám (W)**
 - ~ **molibdén (Mo)**
 - ~ **vanádium (V)**
 - ~ **kobalt (Co)**

Megjegyzés: Valamennyi gyorsacélban átlagosan 4% Cr van, ezért ezt külön nem jelöljük.

PÉLDÁK

34Cr4 nemesíthető acél, karbontartalma $34/100=0,34\%$;
krómtartalma $4/4=1\%$

A 2,1% karbontartalmú, illetve 12% krómtartalmú
szerszámacél jele: **X210Cr12**

Klasszikus rozsdamentes acélnak, amelynek
karbontartalma 0,05%, krómtartalma 18%,
nikkeltartalma 10% a jele : **X5CrNi 18 10**

A 6% volfrám, 5% molibdén, a 2% vanádium, 5%
Co-tartalmú gyorsacél jele: **HS 6-5-2-5**, számjele
pedig: **1.3243**

ACÉLOK JELÖLÉSE SZÁMJELLEL

Minden acélfajta 6 karakterből álló számmal van jelölve.

Az első szám az anyag főcsoport jele.

Főcsoport szám	Anyag főcsoport
0	Öntöttvasak
1	Acélok
2	Rézötvözetek
3	Alumínium és egyéb könnyűfém ötvözetek.

ACÉLOK JELÖLÉSE SZÁMJELLEL

A főcsoport jel után pont következik, majd 4 számjegy.

Ez a jelölés az **adatfeldolgozás számára alkalmasabb**, mint a rövid jel, de az illető **acélról kevesebb információt ad első ránézésre**.

Néhány példa:

Rövid jel	S185	S355JR	E360	C 45E	100Cr6	X155CrVMo 12 1
Szám- jel	1.0035	1.0045	1.0070	1.1191	1,2067	1.2379

SZERSZÁM- ÉS GYORSACÉLOK

Szerszámacélok: $E = W\% + 2 \text{ Mo}\% + 4V\%$

Típus	E érték
Ötvözetlen szerszámacélok	$E < 3\%$
Ötvözött szerszámacélok	$3\% < E < 15\%$
Gyorsacélok	$15\% < E$

- **Ötvözetlen szerszámacélok 250°C-ig hőálló**
- **Ötvözött szerszámacélok Nagyméretű sajtoló-, kivágó-, fröccs-, lyukasztó szerszámokhoz használják.**

KEMÉNYFÉMEK

Keményfémeknek nevezzük azokat az állóanyagokat, amelyeket **nagy olvadáspontú karbidokból** (WC, TiC, TaC, NbC) és a vascsoporthoz tartozó fémek (leginkább Co újabban Ni, Fe is, amelyek a zsugoríthatóságot elősegítő kötőfémek) porából porkohászati úton állítanak elő.

Klasszikus megállapítás kiegészíthető azzal, hogy a **magas olvadáspontú karbidokon** kívül megjelentek már a **boridok, nitridek szilicitek** is.

KEMÉNYFÉMEK

A mai értelemben vett porkohászati keményfémet (Co kötőfémbe ágyazott WC) Karl Schröter állította elő 1923-ban, amely eljárás szabadalmát a Krupp cég hasznosította és **Widia** (wie Diamant – mint a gyémánt) **márkanév**en forgalmazza 1927-től napjainkig.

A mai **ISO 513 szabványnak** „K” sorozatnak megfelelő **szerszámanyag után a többkarbidos (WC, TiC, TaC)**, hosszú forgácsot adó fémek megmunkálására alkalmas keményfémek kifejlesztésére 1931-ben került sor.

PORKOHÁSZAT

Olyan gyártási módszer, amellyel **fém-, ötvözet-, nitrid-, vagy szilicidporok önállóan vagy egyéb vegyületekkel keverve** formázást, sajtolást segítő anyaggal vagy anélkül **alakítanak**, a **fő alkotó olvadáspontjánál alacsonyabb hőmérsékleten, védő-reagáló közegben hőkezelnek, zsugorítanak** (1400°C)

Az alakított termékekben az **izzítás során porszemcsék összehegednek** és így **többé-kevésbé tömör anyag keletkezik**.

Az **izzítási folyamatot**, – ami általában méretcsökkenéssel jár – zsugorításnak **nevezik**.

GYÁRTÓI TÖREKVÉSEK

A keményfémek gyártói alapvető törekvése, hogy minél **nagyobb szívósságú** (hajlítószilárdságú) és **kopás-állóságú** (keménységű) terméket állítsanak elő.

A két egymásnak ellentmondó tulajdonság miatt, csak az optimális értékek elérésére van lehetőség.

A **Co tartalom növelésével**, homogén, mikroszemcsés szerkezet ($>0,5\mu\text{m}$) létrehozásával **nő a termék hajlítószilárdsága**, viszont **csökken a keménysége**.

Az összetétel változtatásával a végtermék minősége tág határok között változtatható.

GYÁRTÓI TÖREKVÉSEK

A sokféle lehetséges keménység közötti eligazodás megkönnyítésére az **ISO egységes jelölésrendszert vezetett be.**

A felhasználási csoportokba sorolás alapja a keménységek mágneses tulajdonsága.

MSZ ISO 513 szabvány

MSZ ISO 513

Három forgácsolási főcsoport van, amelyek további felhasználási csoportra vannak felosztva.

- **wolframkarbid alapú** (egykarbidos); **ISO jelölése K**, rideg anyagok forgácsolásához alkalmasak.
- **titánkarbid-wolframkarbid alapú** (két karbidos); **ISO jelölése P**, acél forgácsolásához alkalmasak.
- **titánkarbid-tantálkarbid-wolframkarbid alapú** (három karbidos) **keményfémek**; **ISO jelölése M**, általános rendeltetésű.

A **keményfémek kritikus hőmérséklete 750–900°C**, így **jelentősen nagyobb forgácsolósebesség alkalmazható**, mint a gyorsacél szerszámoknál ($v_C = 40–300$ m/min)

MSZ ISO 513

Anyagcsoport (ISO)	Jelölés (magyar)	Vegyi összetétel			Fiz-mech. tulajdonság			Terhelhetőség		Ajánlott felhasználási terület
		WC	TiC	Co	θ_{kr}	HV ₃₀	R _m	v	f	
Acélok forgácsolása "P"	DA01	65	30	4	900	18000	750	↑	↓	Finomsztergálás, nagy sebesség. Nagyolás, eszt., gyalulás, marás. Alacsony forg. sebesség, nagy forgácskeresztmetszet
	DA10	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	
	DA20	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	
	DA30	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	
	DA40	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	
	DA50	85	5	12	850	13000	2000	↑	↓	
Általános rendeltetésű "M"	DU10	85	10	6	750	17000	1300	↑	↓	Acélöntvények, kemény műanyagok megmunkálása, különböző forgácsolási feltételek mellett
	DU20	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	
	DU30	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	
	DU40	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	
		80	8	12	700	13000	2100	↑	↓	
		80	8	12	700	13000	2100	↑	↓	
Rideg anyagokhoz "K"	DR01	98	-	2	850	18000	1200	↑	↓	Erősen koptató hatású rideg anyagok (Öv, szinesfémek) eszt. marás, üregelés. Megszakitott forgácsolás. Kéreg forgácsolása
	DR10	↑		↓	↑	↑	↓	↑	↓	
	DR20	↑		↓	↑	↑	↓	↑	↓	
	DR30	↑		↓	↑	↑	↓	↑	↓	
	DR40	↑		↓	↑	↑	↓	↑	↓	
		85	-	10	800	13000	2100	↑	↓	

θ_{kr} = Kritikus hőmérséklet, HV₃₀ = Munkadarab keménysége, R_m = Szakítószilárdság

CERMET

Keményfém amely alapjául a wolframkarbid helyett **titánkarbidokat** használnak és **titán alapú kemény kerámia részecskéket is tartalmaznak (titánnitrid).**

Nagy a kopásállósága, kicsi a súrlódási tényezője, nagy a kémiai ellenállóképessége.

A gyengébb szilárdsági tulajdonságok miatt azonban csak simító műveletekhez használatos.

KERÁMIÁK

A forgácsoló sebesség lehetséges növelésének reményében 1938-ban Osenberg alkalmazta először a kerámiát forgácsoló anyagként.

A mai kerámiákat **oxidok** (Al_2O_3), **karbidok** (TiC) és/vagy **nitridek** kötőanyag nélküli keveréke alkotja.

Még **keményebbek mint a keményfémek** és ezt a **tulajdonságukat megtartják 1000 °C felett** is, de **a szívóosságuk és a szilárdságuk rosszabb a keményfémekénél.**

KERÁMIÁK

Három csoportba sorolhatók:

- **tiszta kerámia** (fehérek): **tiszta alumíniumoxid** (Al_2O_3) és **10 – 20 % cirkonoxid** (ZrO_2)
- **kevert kerámia** (fekete): **alumíniumoxid** mellett **10–40% TiC**
- **szilícium-nitrid** (szürke kerámia, szilinit Si_3N_4)

Alacsony szívósság, termikus kifáradásra, lökésszerű hőhatásokra való érzékenység, rossz hővezető képesség jellemzi őket. **Hűtőfolyadék nem alkalmazható.**

Elsősorban nagysebességű simító megmunkálásoknál alkalmazhatók.

KERÁMIÁK

JELLEMZŐK			OXIDKERÁMIA		KEVERT KERÁMIA		SZÁLERŐSÍTÉSŰ OXIDKERÁMIA	SZILÍCIUM NITRID KERÁMIA			
			Al ₂ O ₃ +3,5% ZrO ₂	Al ₂ O ₃ +15% ZrO ₂	Al ₂ O ₃ +10% ZrO ₂ + 5% TiC	Al ₂ O ₃ +30% Ti(CN)	Al ₂ O ₃ +15% ZrO ₂ +20% SiC-Whisker	Si ₃ N ₄ +10% Y ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	TiC
Sűrűség	ρ	g/cm ³	4,0	4,2	4,1	4,3	3,7	3,3	3,9	6,1	4,9
Vickers keménység	-		1730	1750	1730	1930	1900	1750	2100	1300	3200
Hajlító-szilárdság	σ _{bb}	MPa	700	800	650	620	900	800	400	1200	-
Nyomó-szilárdság	σ _{bb}	MPa	5000	4700	4800	4800	-	-	5000	3000	-
E-Modul	E	GPa	380	410	390	400	390		410	240	320
Törési szívósság	K _{Ic}	MPa·m ^{1/2}	4,5	5,1	4,2	4,5	8,0	7,0	4	7	
Hővezető képesség	λ	W/mK	16,4	15	14,7	20	32		25	2	29
Hőtágulási együttható	α	10 ⁻⁶ K ⁻¹	8	8	8	8	-	3,4	8,3	10	7,4
Olvadáspont	t	C	-	-	-	-	-	-	2050	2680	3140

SZUPERKEMÉNY SZERSZÁMANYAGOK

A **természetes gyémánt tulajdonságait** megközelítő anyagokat sorolják ebbe a csoportba.

CBN, köbös bórnitrid. Extrém melegekemenységgel rendelkezik (2000°C), amihez nagy kopásállóság párosul. **Viszonylag törékeny, edzett acélok megmunkálásánál alkalmazzák.** Nagymennyiségben abrazív szerszámoknál alkalmazzák.

PCD, sokkristályos gyémánt. Ez a legkeményebb anyag. Abrazív kopásnak jól ellenáll. Acél megmunkálására nem alkalmas. Alkalmazása a színesfém-ötvözetek, műanyag, fa esetén kedvező.

BEVONATOS SZERSZÁMOK

Az 1960-as években folyamatosan újabb anyagok kerültek kifejlesztésre.

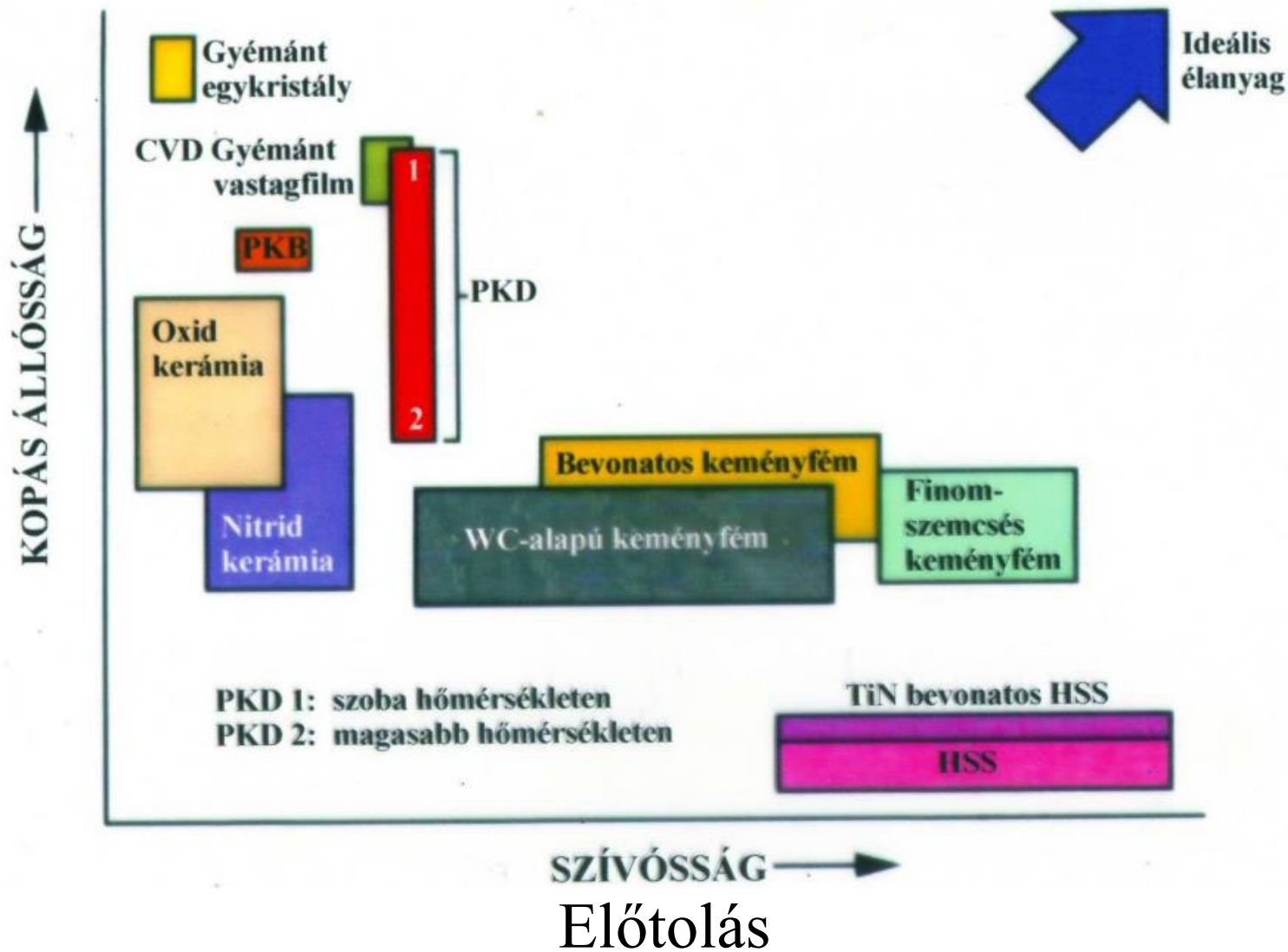
Ezek az anyagok **nagy szilárdsággal rendelkeztek**, de erős hajlamot mutattak a **szerszámanyagokkal való kémiai reakciókra**.

E tényekből adódó **megmunkálási nehézségek** vezettek a **bevonatos szerszámanyagok kifejlesztéséhez**.

A bevonatok mintegy kétszeresére növelték, mind a gyorsacél, mind a keményfém szerszámanyagokkal elérhető forgácsolási sebességeket.

FEJLESZTÉS IRÁNYAI

Forgácsolási sebesség



BEVONATOLÁSI MÓDSZEREK

A bevonatképzés módszerei szerteágazóak.

A **klasszikus eljárások** (kemény krómozás, mártó eljárások, fémszórás stb.) **a szerszámgyártásnál is alkalmazásra kerülnek.**

A forgácsoló szerszámoknál a **vegyi felgőzölögtetés, vákuumporlasztás** speciális alkalmazása vezetett a **karbidos, nitrides, oxidos rétegek kialakításához.**

A bevonatok mintegy kétszeresére növelték, mind a gyorsacél, mind a keményfém szerszámanyagokkal elérhető forgácsolási sebességeket.

BEVONATOK

Az alábbi tulajdonságokkal kell, hogy rendelkezzenek:

- **A keménység megtartása magas hőmérsékleten.**
- **Kémiai stabilitás és a munkadarab anyagával szembeni passzivitás**
- **Alacsony hővezető képesség.**
- **Erős kötés az alapanyaghoz, a lepattogzás elkerülése**
- **Kicsi porozitás.**

A bevonatok rétegvastagsága: 5-10 μm , előállíthatók

PVD (500°C) illetve **CVD** (800°C) eljárással

PVD ÉS CVD BEVONATOLÁSI ELJÁRÁSOK

Mit a jelentésük?

PVD physical vapour deposition
fizikai úton történő bevonat előállítás

CVD chemical vapour deposition
kémiai reakciók útján történő bevonat
előállítás

A KUTATÁSOK CÉLJA - új anyagok bevonásának
lehetősége, minél alacsonyabb hőmérsékleten

PVD ÉS CVD, MIRE ALKALMASAK?

Vékony bevonatok létrehozása, 1 – 10 μm vastagságban lehetséges

PVD esetén: 1 – 100 μm / óra növekedési sebesség

CVD esetén: 1 – 3 μm / óra sebesség

Fontos a megfelelő felületi tisztaság, amelyet ultrahangos eljárásokkal is segítenek.

PVD ELJÁRÁS

Felvitele fizikai úton lehetséges:

Szilárd fázisból → gőzfázis, vákuum alatt

Legjellemzőbb anyagok: TiN, CrN, TiCN

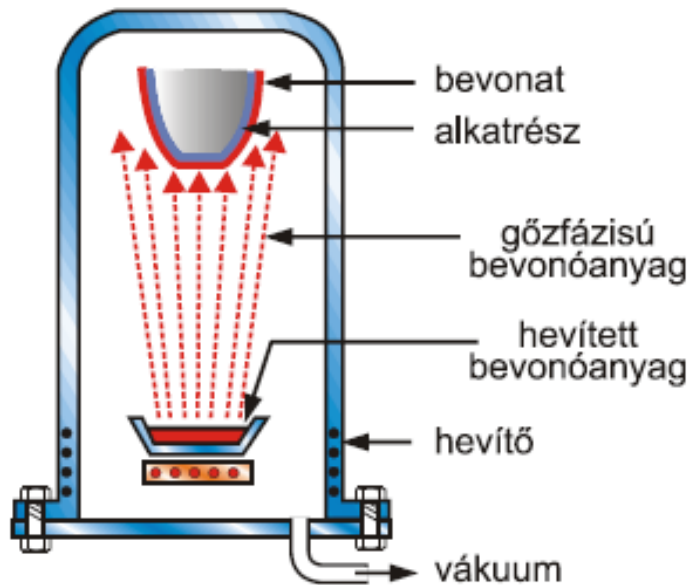
Jellemzője:

- **Vákuumgőzölés**
- **Katódporlasztás**
- **Ionsugaras bevonatolás**
- **Leválasztás**

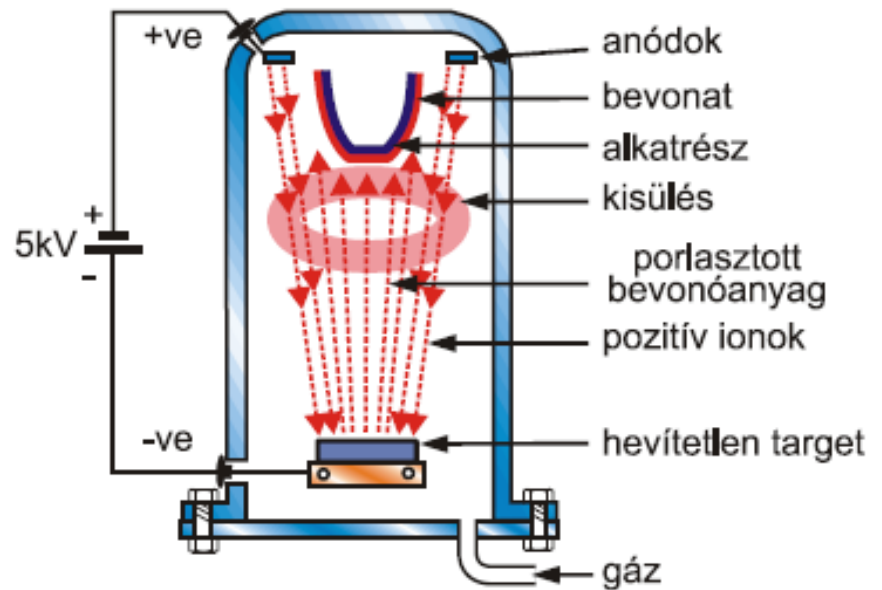
PVD ELJÁRÁS

Az **eljárásváltozatok** (vákuumgőzölés, katódporlasztás, ionsugaras bevonatolás, illetve leválasztás) **megkülönböztetésének alapja** az, hogy **megolvasztott** párolgó vagy **hideg** atomütköztetéssel porlasztott bevonóanyaggal, illetve **elektromosan semleges** (földelt) vagy **negatív potenciálra** kapcsolt bevonandó anyaggal működnek-e.

PVD ELJÁRÁS



vákuumgőzölgés



katódporlasztás

PVD ELJÁRÁS

Előnyei:

- **Dekoratív felületek kialakítása alacsony hőmérsékleten.**
- **Utólagos megmunkálásra nincs szükség (nincs szükség a mintadarab edzésére).**

Hátránya

- **Alak és kontúrkövetés nem megoldható precíz mintadarab mozgatás nélkül.**

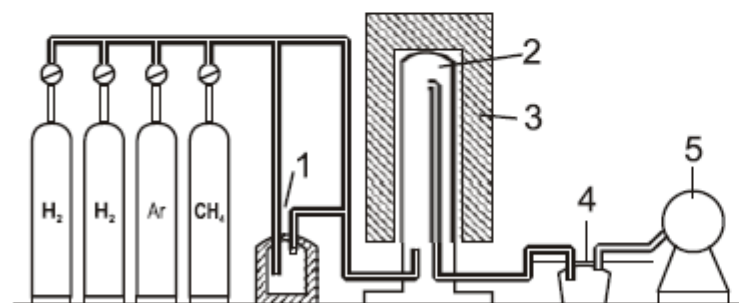
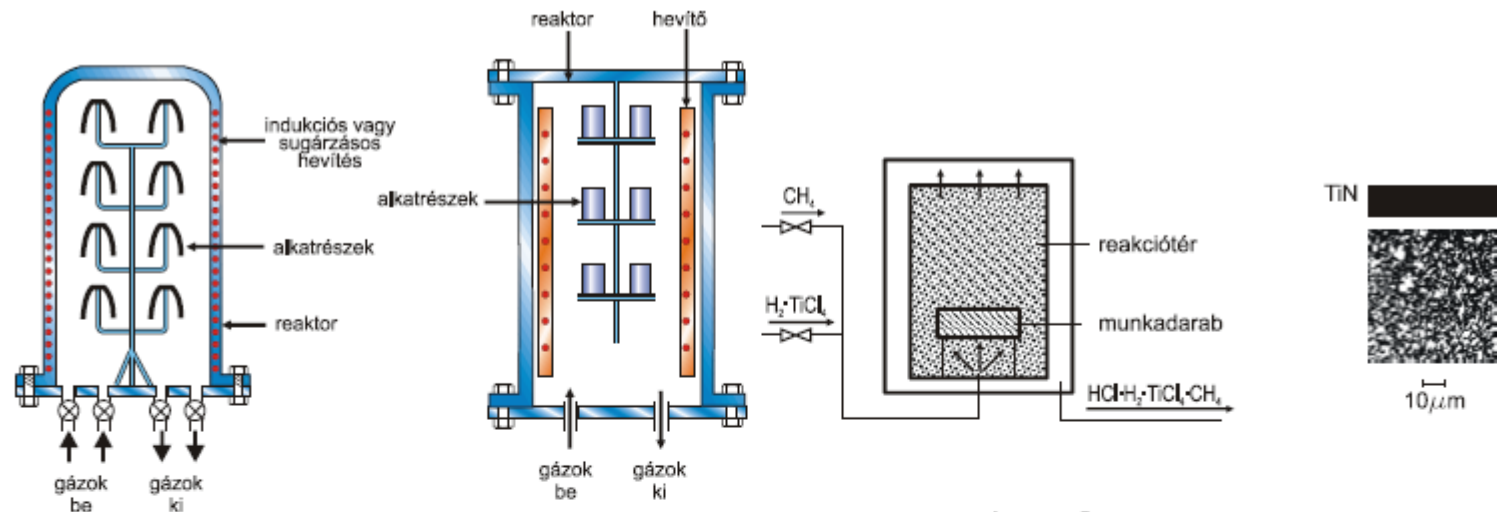
CVD ELJÁRÁS

Miben más?

- Magasabb hőmérséklet, 850 – 1050 °C.
- Lassabb, mint a PVD eljárás.

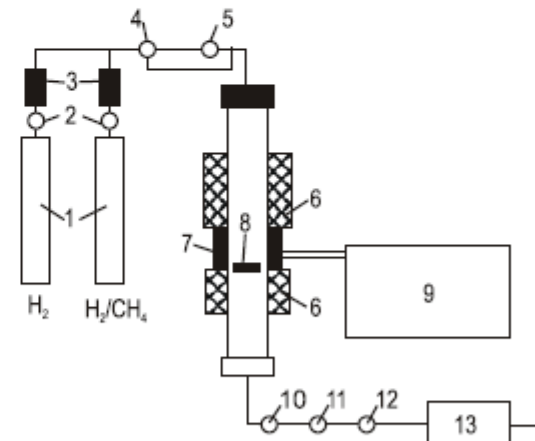
Szintén nagyvákuum szükséges hozzá (10^{-5} bar), felületi vastagság maximális értéke szintén 10µm lehet.

CVD ELJÁRÁS



CVD bevonatoló berendezés

1. TiCl_4 - elgőzöltető, 2. retorta, 3. fűtőharang
4. leválasztó (ciklon), 5. vákuumszivattyú



Gyémántréteget felvivő berendezés

1. gázellátás, 2. reduktor, 3. rotaméterek, 4. háromállású szelep,
5. tűszelep, 6. kemence, 7. reakciós kamra, 8. minta, 9. generátor,
10. vákuummérő, 11. tűszelep, 12. vízcsep, 13. szivattyú

CVD ELJÁRÁS

A rétegvastagság függ a felületen kialakuló egyensúlyi állapottól.

Előnyei:

- **Nagy tisztaságúak az előállított rétegek.**
- **Jól kötődnek a felülethez.**
- **Kontúrkövető eljárás.**

Hátránya

- **Magas hőmérséklet: 850–1050 °C (megváltozhat az anyag szerkezete, vagy károsodhat a mintadarab.**
- **Bevonatolás után edzésre van szükség, ami bonyolult művelet (szintén vákuum alatt végzik).**

NÉHÁNY JELLEMZŐ CVD REAKCIÓ

Réteg anyaga	Képzési reakció	Vivőgáz	Hőmérséklet (K)	Réteg vastagság (μm)	Keménység (HV)
TiC	$\text{TiCl}_4 + \text{CH}_4 \rightarrow \text{YTic} + 4 \text{HCl}$ $\text{TiCl}_4 + \text{C} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{YTic} + 4 \text{HCl}$	H ₂	1200... 1350	6...8	>3000
Cr ₇ C ₃	$\text{CrCl}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{YCr} + 2 \text{HCl}$ $7 \text{CrCl}_2 + 3 \text{CH}_4 \rightarrow \text{YCr}_7\text{C}_3 + 14 \text{HCl}$	Ar	1200... 1400	8...12	~2000
W _{2,3} C	$2 \text{WF}_6 + \text{C}_6 + 13 \text{H}_2 \rightarrow \text{YW}_2\text{C} + 5 \text{CH}_4 + 12 \text{HF}$ $2 \text{WF}_6 + \text{CH}_4 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{YW}_2\text{C} + 12 \text{HF}$	Ar	600... 800	20...50	~2000
Al ₂ O ₃	$2 \text{AlCl}_3 + 3 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow \text{YAl}_2\text{O}_3 + \text{CO} + 6 \text{HCl}$	H ₂	1100... 1500	2...4	>2400
TiN	$2 \text{TiCl}_4 + \text{N}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow 8 \text{HCl} + 2 \text{TiN}$	H ₂	950... 1300	5...10	>1800

PÉLDA GYAKORLATI FELHASZNÁLÁSRA

Például egy CVD - vagy PVD bevonatos új hidegalakító szerszám gyártásának vázlatos műveleti sorrendje a következő:

1. **Kiválasztott anyag beszerzése** rúd, tömb vagy lap formájában.
2. **Nagyoló megmunkálás.**
3. **Feszültségcsökkentő hőkezelés 600 °C-on.**
4. **Simító megmunkálás.**
5. **Vákuumedzés.**

PÉLDA GYAKORLATI FELHASZNÁLÁSRA

Például egy CVD - vagy PVD bevonatos új hidegalakító szerszám gyártásának vázlatos műveleti sorrendje a következő:

6. **Megeresztés kb. 500 °C-on**
7. **Szerszámblokk összeszerelése és beállítása.**
8. **500-1000 darabos előszéria alakítása a megfelelés ellenőrzésére.**
9. **Felületelőkészítés: homokfúvás, polírozás, tisztítás a felületi érdesség beállítása, illetve a kis súrlódási tényező (kedvező siklási jellemzők) biztosítása érdekében ($Ra < 1 \mu m$ tükörfényes állapot beállítása)**

PÉLDA GYAKORLATI FELHASZNÁLÁSRA

Például egy CVD - vagy PVD bevonatos új hidegalakító szerszám gyártásának vázlatos műveleti sorrendje a következő:

10. **CVD** vagy **PVD** bevonatolás
11. **CVD** esetén **második edzés és megeresztés vákuumkörnyezetben.**
12. **Szerszámblokk összeállítás.**
13. **Szerszámblokk beállítás.**
14. **Terheléspróbák**

BEVONATOK FAJTÁI

Titán-nitrid bevonatanyag csökkenti a súrlódási tényezőt, jó hőálló, a hátkopásnak nagyon jól ellenáll és jól tapad az alapfémhez is. de kis sebesség esetén élrátétképződés miatt kerülendő. Az aranyszínű bevonat a legszélesebb körben alkalmazott mind a keményfémek, mind a gyorsacél szerszámanyagokhoz.

Titán-karbid bevonat kiváló hátkopásállóságával és az alapfémhez való kötődésével tűnik ki. Többrétegű bevonatoknál alapréteggént használatos leginkább.

BEVONATOK FAJTÁI

Kerámia bevonatanyag elsősorban Al_2O_3 -t jelent. A hőállósága jó, kemény, passzív a vasalapú fémekkel szemben, de gyenge az alapfémhez való kötődése. Különösen többrétegű bevonatként egyre jelentősebb az alkalmazása, különösen a nagy forgácsolási sebességgel végzett esztergálás esetén.

Folyamatos fejlesztés eredményeképpen döntően speciális alkalmazásokhoz $\text{Ti}(\text{C},\text{N})$ (**karbonitrid**) HfC (**hafniumkarbid**) TiNAl (**alumíniumnitrid**), CrN (**krómnitrid**) **keménybevonatokat** és **néhány gyorsacél alkalmazáshoz lágy MoS_2 (molibdénszulfid)** bevonatot fejlesztettek ki.

BEVONATOK FAJTÁI

Ma még **különlegességnek** számít a speciális eljárás révén előállított **gyémánt bevonat**.

KÖSZÖNÖM A MEGTISZTELŐ FIGYELMÜKET!

Kérdéseikre szívesen válaszolok.

2018. október 11. 8⁰⁰- 11²⁰

Szerszámok anyagai

Dr. Kozsely Gábor



kozsgelyg@uniduna.hu