

**HARDOX®**  
WEAR PLATE

# A HARDOX® ACÉL HAJLÍTÁSA



**SSAB**

## TARTALOM

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Előkészületek a hajlításhoz                             | 4  |
| Fontos tudnivalók                                       | 5  |
| Szerszámok                                              | 5  |
| A szerszámok állapota                                   | 7  |
| A gép stabilitása                                       | 7  |
| Bombírozás                                              | 7  |
| Hajlítóerő                                              | 8  |
| Visszarugózás                                           | 8  |
| Hajlítási ajánlások                                     | 9  |
| Hajlítási ajánlások kopásálló Hardox® durvalemezekhez   | 10 |
| Hajlítási ajánlások kopásálló Hardox® keskenylemezekhez | 11 |

# A HARDOX® ACÉL HAJLÍTÁSA

Ez a broszúra a Hardox® kopásálló lemez hajlítására vonatkozó ajánlásokat tartalmaz. Útmutatóként szolgál, és általános javaslatokat nyújt az optimális hajlítási eredmény eléréséhez.

A nagy szilárdságú acél keskeny- és durvalemezek hajlítása általában nem okoz nehézséget. Vannak azonban bizonyos paraméterek, amelyeket figyelembe kell venni.

A kiváló hajlítási eredmény eléréséhez rendkívül tiszta, kevés zárványt tartalmazó acélra van szükség. Az SSAB korszerű gyártási folyamatai a felületminőség, a tűrések és a mechanikai tulajdonságok tekintetében egyaránt kiváló színvonalat biztosítanak.

# ELŐKÉSZÜLETEK A HAJLÍTÁSHOZ

- Ellenőrizze a lemez hengerlési irányát. Lehetőség szerint a hengerlés keresztirányban történjen a hajlítási vonalhoz képest. Így rendszerint szorosabb hajlítás érhető el, mint a hengerlési iránnyal párhuzamos hajlítási vonal esetén. Lásd az 1. ábrát.
- Ellenőrizze a lemez felületminőségét. A felületi sérülések csökkenthetik a hajlíthatóságot, mert törésekhez vezethetnek. Durvalemez esetén gondos csiszolással gyakran eltávolíthatók a hibák, például a karcolások és a rozsva. A karcolásokat lehetőleg keresztirányban kell csiszolni a hajlítási vonalhoz képest.
- A termikusan vagy mechanikusan vágott széleket köszörű segítségével sorjáltlanítani kell és le kell kerekíteni.
- Ellenőrizze a szerszámok állapotát.
- A túlzott szerszámkopás megelőzése érdekében a szerszámoknak keményebbnek kell lenniük a munkadarabnál.
- Ellenőrizze, hogy a szerszámok és a szerszámbeállítás megfelel-e a jelen brosúrában megadott ajánlásoknak.
- A matrica túlzott károsodásának megelőzése érdekében a matricanyílás szélei mindig legalább olyan kemények legyenek, mint a hajlított lemez. Ez egyszerűen biztosítható oly módon, hogy a matrica éleibe hornyokat mar, és azokba megkent köracélokat illeszt, amelyek például edzett acélból készülhetnek. A matrica élének rádiusza legalább a lemezvastagság fele legyen.

1. ÁBRA Hajlítás keresztirányban a hengerlés irányához képest



## FONTOS TUDNIVALÓK

- Mindig tegye meg a biztonsági óvintézkedéseket, és tartsa be a helyi biztonsági előírásokat. A gép mellett vagy annak közelében csak képzett személyek tartózkodhatnak. Nagy szilárdságú acél hajlítása közben senki sem állhat a hajlítógép előtt.
- Győződjön meg róla, hogy a hajlítóbélyeg és a munkadarab nem nyomódik a matrica aljág.
- Számoljon a visszarugózással. Tartózkodjon az utólagos hajlítástól a profil szögének korrigálása esetén. A korábban végrehajtott alakítási folyamatok következtében jelentősen csökkent az anyag hajlíthatósága.
- A hajlítóerő, a visszarugózás és általában véve a minimális ajánlott bélyegrádiusz az acél szilárdságával együtt növekszik.
- Az azonosító sok Hardox® lemezen a hengerlési irányra merőlegesen van a lemezre bélyegezve. A hajlítási vonal ne kerüljön bélyegzés fölé, mert ez repedésveszélyt jelenthet.
- A túlzott szemcseszórásos revétlenítés negatív hatással lehet a hajlíthatóságra. A Hardox® kopásálló lemezekre vonatkozó ajánlások szemcseszórt és alapozott felületeken végzett teszteken alapulnak.
- A nagy alakítási sebesség helyi hőmérséklet-emelkedést okozhat a hajlítási zónában. Ez hátrányosan befolyásolhatja a hajlíthatóságot, különösen 20 mm-nél vastagabb lemezek esetén. Lehetőség szerint csökkentse a hajlítóbélyeg sebességét a munkadarabon belüli hőmérséklet-különbség mérséklése érdekében.

## SZERSZÁMOK

### MATRICASZÉLESSÉG

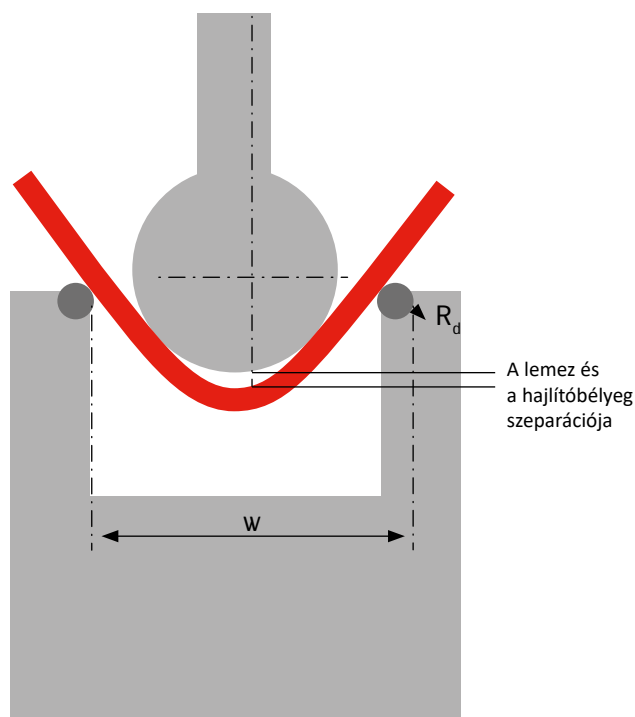
A matrica szélességének növelésével növekszik a visszarugózás, a hajlítóerő pedig csökken. A visszarugózás ellensúlyozására biztosítani kell, hogy a matrica nyitási szöge lehetővé tegye a túlhajlítást anélkül, hogy a munkadarab a matrica aljának ütközne. A matrica szélességének növelése sok esetben csökkentheti a hajlítási zónában fellépő feszültséget. Emellett biztosítani kell, hogy a kiválasztott hajlítóbélyegnek és a munkadarabnak elegendő helye legyen a matricában a hajlítás során, és ne deformálódjon a matrica. A matricanyílás minimális ajánlott szélességeit a 2. és a 3. táblázatban találhatók.

A matrica élének radiusza legalább a lemezvastagság fele kell, hogy legyen. Alternatív megoldásként a matrica szélessége növelhető annak érdekében, hogy csökkenjen a nyomás a matrica élének radiuszán, így mérsékelve a matricanyomok kialakulásának kockázatát.

### HAJLÍTÓBÉLYEG

A matrica szélessége mellett a megfelelő bélyegrádiusz is a legfontosabb paraméterek közé tartozik. Nagy szilárdságú acél hajlítása esetén a végső belső radiusz gyakran valamivel kisebb lesz a hajlítóbélyeg radiuszánál (2. ábra). Ha a lemez és a szerszámok között kicsi a súrlódás, ez a jelenség erősödik.

2. ÁBRA A lemez szeparációja a hajlítás során





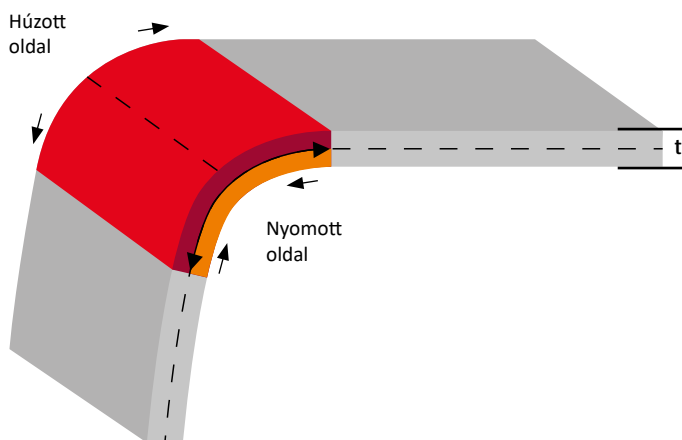
## A SZERSZÁMOK ÁLLAPOTA

Nagy szilárdságú Hardox® kopásálló acél hajlításkor a lemez és a szerszámok közötti megnövekedett érintkezési nyomás miatt valamivel nagyobb a szerszámok kopása. Rendszeresen győződjön meg róla, hogy a hajlítóbélyeg rádiusza és a matrica élének rádiusza nem változott. Ha a munkadarabon repedés keletkezik a hajlítás során, az esetek többségében a hajlítás nyomott oldaláról indul a repedés (3. ábra). Ez gyakran a hajlítóbélyeg rossz állapotára vezethető vissza. A matrica éleinek tisztának és sérülésmentesnek kell maradniuk.

## A GÉP STABILITÁSA

Nagy szilárdságú acél hajlításához gyakran nagy hajlítóerő szükséges. A statikus súrlódási együttható jellemzően nagyobb a kinetikusnál, így előfordulhat, a lemez egyik matricaélnél elakad, miközben a másiknál megcsúszik. Ennek következtében a munkadarab egyenetlenül süllyed a matricába a hajlítási folyamat során. Ez az akadozó csúszásnak nevezett jelenség megnövekedett feszültségeket okozhat a hajlítási zónában. Stabil gépet és szilárd szerszám rögzítést használjon. A matrica élének kenése vagy forgó matricaél alkalmazása segíthet az akadozó csúszás megelőzésében és a hajlítóerő csökkentésében.

3. Ábra Hajlítás



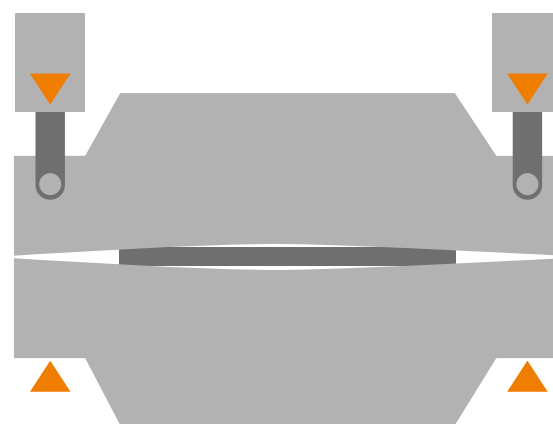
## BOMBÍROZÁS

A bombírozás kompenzálja a hajlítógép rugalmas meghajlását terhelés alatt (4. ábra). A leginkább a hajlítóbélyeg és a matrica középső része hajlik meg. Bombírozással ez a meghajlás kiegyenlíthető, így a hajlítási szög a munkadarab teljes hosszában egyenletes marad. Ha a profil ívesre görbül a hajlítási vonal mentén (B), ezt a bombírozás nem tudja kiegyenlíteni.

A hajlítás után a megnyúlt oldalon nyomófeszültségek keletkeznek, míg a nyomott oldalon húzófeszültségek jelennek meg (3. ábra). A lemezvastagságon belüli feszültségeloszlás hosszirányú feszültségeket eredményez, amelyek ívesedésre hajlamosítják a profilt. Az íveltség mértéke elsősorban a peremmagasságtól és a profil merevségétől függ.

Hosszú profilok lépcsőzetes hajlítása esetén további tényezőket is figyelembe kell venni a bombírozás beállításánál.

4. ÁBRA Bombírozás



A Egyenes profil



B A hajlítási vonal mentén ívelt profil



C Ívelt profilszög



## HAJLÍTÓERŐ

A hajlításhoz szükséges erő megbecsüléséhez nemcsak a hajlítási hosszt, a lemezvastagságot, a matrica szélességét és a szakítószilárdságot kell figyelembe venni, hanem a hajlítás során változó nyomatékkal is számolni kell. Feltételezzük, hogy a csúcsterhelés normál súrlódás mellett (kenés nélkül) 120°-os hajlítási szögnél alakul ki. Mindig ajánlott próbavizsgálatok elvégzése.

$$P = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_m}{(W - R_d - R_p) \cdot 9800}$$

P = hajlítóerő, tonna (metrikus)  
t = lemezvastagság, mm  
W = matricaszélesség, mm (1. ábra)  
b = hajlítási hossz, mm  
R<sub>m</sub> = szakítószilárdság, MPa (1. táblázat)  
R<sub>d</sub> = matrica belépő rádiusza, mm  
R<sub>p</sub> = bélyeg rádiusza, mm

Az SSAB Bending Formula® hajlítási képlet hitelesítése 90°-os hajlításokra vonatkozó vizsgálatokkal történt.

## VISSZARUGÓZÁS

A visszarugózás az acél szilárdságával, valamint a matricaszélesség és a lemezvastagság arányával (W/t) együtt növekszik. A legnagyobb hatása az anyag folyáshatárának van. A hajlítás során változó eloszlású belső feszültségek jönnek létre a hajlítási keresztmetszetben. A visszarugózási hajlamot a képlékeny alakváltozás mértéke és ezen feszültségek eloszlása határozza meg. A visszarugózás teljes mértékben rugalmas jelenség.

A visszarugózás kiegyenlítése érdekében a matricát úgy kell kialakítani, hogy lehetővé tegye az érmepréslés nélküli túlhajlítást. Az anyag hajlításkori visszarugózásának pontos előrejelzése nagyon nehéz, mivel jelentős mértékben függ az adott szerszámbeállítástól, ezért ajánlott próbákat végezni.

Vékonyabb lemez (t < 10 mm) esetén a visszarugózás szöge (fokban) úgy becsülhető meg, hogy az anyag szakítószilárdságát (MPa) elosztjuk 100-zal (a Hardox® acélminőségek jellemző szakítószilárdságát lásd az 1. táblázatban). Feltétel, hogy a matrica szélessége megközelítőleg a lemezvastagság 10–12-szerese legyen.

| Hardox® acélminőség | Tipikus szakítószilárdság (MPa) |
|---------------------|---------------------------------|
| Hardox® 400         | 1250                            |
| Hardox® 450         | 1400                            |
| Hardox® 500 Tuf     | 1600                            |
| Hardox® 500         | 1650                            |
| Hardox® HiAce       | 1400                            |
| Hardox® HiTemp      | 1250                            |

**1. TÁBLÁZAT** A szakítószilárdság tipikus értékei a hajlítóerő kiszámításához. Ezek az értékek nem használhatók tervezési vagy átvételi vizsgálati célokra

Fontolja meg az SSAB BendCalc alkalmazás használatát a Hardox® kopásálló acél megfelelő hajlítási beállításainak meghatározásához. Ez az első olyan szoftver, amely előrejelzi a visszarugózást és a behatolási mélységet!

Az acél jellemzői, a matrica és a bélyeg szimmetriája, a végső hajlítási alak és a súrlódási feltételek alapján az alkalmazás másodperceken belül megadja az eredményt:

- Maximális hajlítóerő
- Visszarugózás
- Behatolási mélység
- Nyílásszög maximális löket esetén
- Minimális peremmagasság

A PDF formátumú jelentést mentheti és megoszthatja.

### A VISSZARUGÓZÁST BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK:

- Az anyag folyáshatára – minél nagyobb a folyáshatár, annál nagyobb a visszarugózás.
- A bélyeg rádiusza – a nagyobb bélyegrádiusz nagyobb visszarugózást eredményez.
- A matrica szélessége – a szélesebb matrica nagyobb visszarugózást eredményez.
- Az anyag alakítási keményedése.

# HAJLÍTÁSI AJÁNLÁSOK

A hajlítási vizsgálatok és azok értékelése bizonyos mértékben eltérhet. A Hardox® lemezek esetében a hajlítóbélyeg rádiusza és a lemezvastagság közötti minimálisan ajánlott arány (R/t) a 2. táblázatban található; a keskenylemezekre vonatkozó ajánlások a 3. táblázatban szerepelnek. Ezek a hajlítási ajánlások egy lépésben végzett, 90°-os hajlítási vizsgálatokon alapulnak, a terhelés megszűnése utáni állapot figyelembevételével. A matricanyílás szélességek csupán ajánlások, és némileg módosíthatók anélkül, hogy befolyásolnák a hajlítási eredményeket.

További műszaki információért forduljon a Tech Support csapatához, vagy látogasson el a [www.ssab.com](http://www.ssab.com) címre.

A Hardox® kopásálló lemezeket a Hardox® garanciáknak megfelelő, garantált hajlítási teljesítménnyel szállítjuk.

További információkért a SSAB helyi képviselőjével is felveheti a kapcsolatot.



## HAJLÍTÁSI AJÁNLÁSOK A KOPÁSÁLLÓ HARDOX® DURVALEMEZEKHEZ

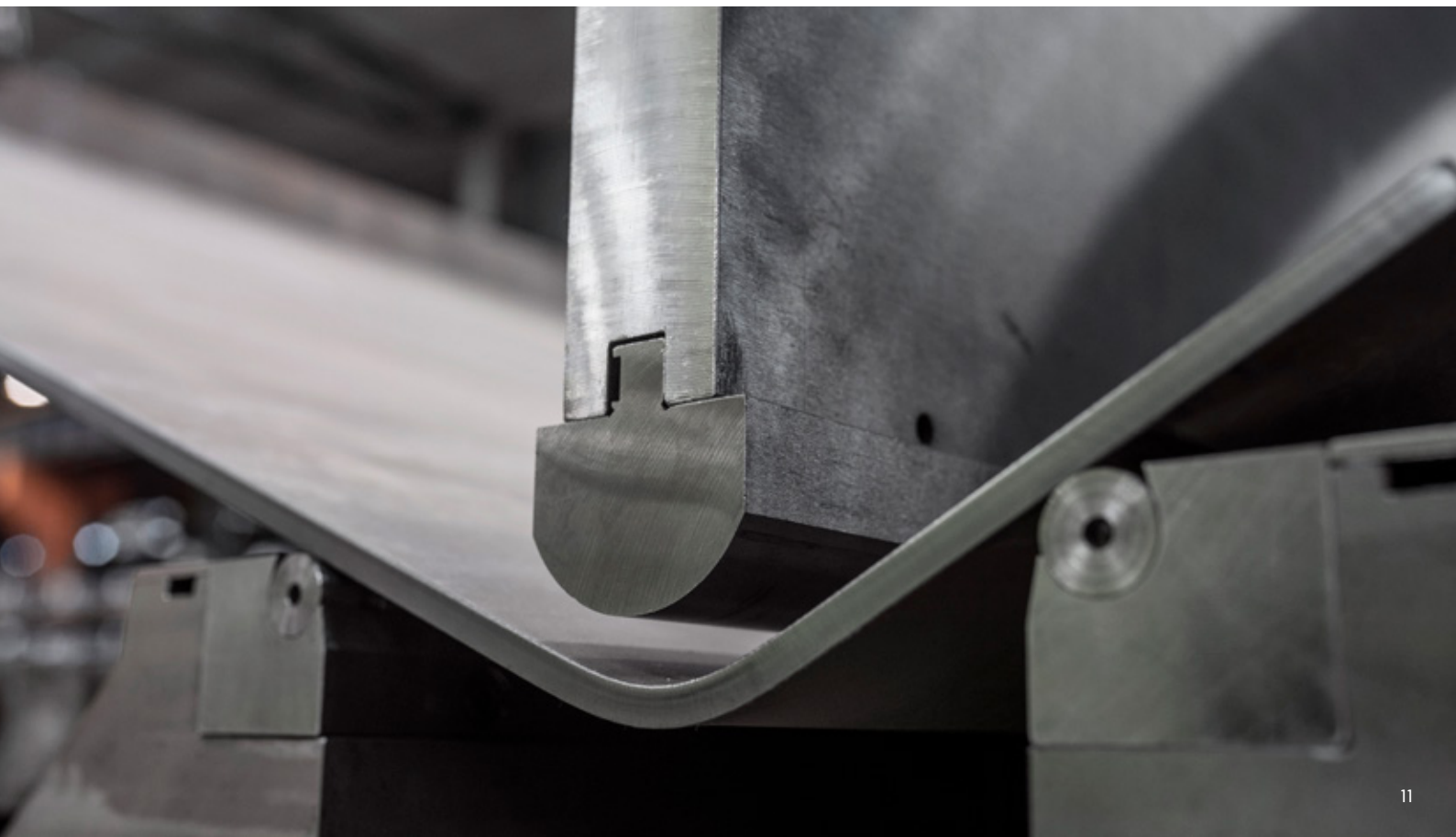
**2. TÁBLÁZAT** A kopásálló Hardox® durvalemezek hajlítási ajánlásai görgős élhajlítást és normál sűrűdést (kenés nélkül) alapul véve kerültek meghatározásra. Az R/t jelentése: a hajlítóbélyeg rádiusza (R) osztva a lemez vastagságával (t)

| Hardox® acélminőség | Vastagságtartomány mm-ben | A hengerlés irányára merőleges legkisebb Rp/t | A hengerlés irányával párhuzamos legkisebb Rp/t | Matricanyílás szélessége (W), legkisebb W/t |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Hardox® 400         | $t < 8$                   | 2,5                                           | 3,0                                             | 12                                          |
|                     | $8 \leq t < 20$           | 3,0                                           | 4,0                                             | 14                                          |
|                     | $20 \leq t < 50$          | 4,0                                           | 5,0                                             | 16                                          |
| Hardox® 450         | $t < 8$                   | 3,0                                           | 3,5                                             | 12                                          |
|                     | $8 \leq t < 20$           | 3,5                                           | 4,5                                             | 14                                          |
|                     | $t \geq 20$               | 4,5                                           | 5,0                                             | 16                                          |
| Hardox® 500 Tuf     | $t < 8$                   | 3,0                                           | 3,5                                             | 12                                          |
|                     | $8 \leq t < 20$           | 3,5                                           | 4,5                                             | 14                                          |
|                     | $t \geq 20$               | 4,5                                           | 5,0                                             | 16                                          |
| Hardox® 500         | $t < 8$                   | 3,5                                           | 4,5                                             | 12                                          |
|                     | $8 \leq t < 15$           | 4,0                                           | 4,5                                             | 14                                          |
|                     | $15 \leq t < 20$          | 4,5                                           | 5,0                                             | 14                                          |
|                     | $t \geq 20$               | 5,5                                           | 6,0                                             | 16                                          |
| Hardox® 550         | $8 \leq t < 65$           | Forduljon az SSAB műszaki támogató csapatához |                                                 |                                             |
| Hardox® 600         | $6 \leq t < 65$           | Forduljon az SSAB műszaki támogató csapatához |                                                 |                                             |
| Hardox® HiAce       | $t < 8$                   | 3,0                                           | 3,5                                             | 12                                          |
|                     | $8 \leq t < 20$           | 3,5                                           | 4,5                                             | 14                                          |
|                     | $t \geq 20$               | 4,5                                           | 5,0                                             | 16                                          |
| Hardox® HiTemp      | $t < 8$                   | 3,0                                           | 3,5                                             | 12                                          |
|                     | $8 \leq t < 20$           | 3,5                                           | 4,5                                             | 14                                          |
|                     | $t \geq 20$               | 4,5                                           | 5,0                                             | 16                                          |

## HAJLÍTÁSI AJÁNLÁSOK A KOPÁSÁLLÓ HARDOX® KESKENYLEMEZEKHEZ

**3. TÁBLÁZAT** A kopásálló Hardox® keskenylemezek hajlítási ajánlásai görgős élhajlítást és normál súrlódást (kenés nélkül) alapul véve kerültek meghatározásra. Az R/t jelentése: a hajlítóbélyeg rádiusza (R) osztva a lemez vastagságával (t)

| Hardox® acélminőség | Vastagságtartomány mm-ben | A hengerlés irányára merőleges legkisebb Rp/t | A hengerlés irányával párhuzamos legkisebb Rp/t | Matricanyílás szélessége (W), legkisebb W/t |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Hardox® 400         | $2 \leq t < 4$            | 3,0                                           | 4,0                                             | 12                                          |
|                     | $4 \leq t \leq 8$         | 3,0                                           | 3,5                                             | 12                                          |
| Hardox® 450         | $2 \leq t < 4$            | 3,0                                           | 4,0                                             | 12                                          |
|                     | $4 \leq t \leq 8$         | 3,0                                           | 3,5                                             | 12                                          |
| Hardox® 450 CR      | $0,8 \leq t \leq 2,1$     | 4,0                                           | 4,0                                             | 12                                          |
| Hardox® 500 Tuf     | $3 \leq t < 4$            | 3,0                                           | 4,0                                             | 12                                          |
|                     | $4 \leq t \leq 6,4$       | 3,0                                           | 3,5                                             | 12                                          |
| Hardox® 500         | $2 \leq t \leq 7$         | 3,5                                           | 4,0                                             | 12                                          |
| Hardox® 600         | $3 \leq t \leq 6$         | Forduljon az SSAB műszaki támogató csapatához |                                                 |                                             |



Az SSAB Skandináviában és az Egyesült Államokban székhellyel rendelkező acélipari vállalat, amely értéknövelt acéltermékek és acélipari szolgáltatások segítségével épít erősebb, könnyebb és fenntarthatóbb világot. Partnereivel együttműködve az SSAB kifejlesztette a fosszilis anyagok felhasználása nélkül készülő SSAB Fossil-free™ acélt, és azt tervezi, hogy új alapokra helyezi az értékláncot a bányától a végfelhasználóig, jórészt megszüntetve a saját tevékenységéből származó szén-dioxid-kibocsátást. Az újrahasznosított acélon alapuló, nagyrészt szén-dioxid-kibocsátásmentes módon előállított SSAB Zero™ acél tovább erősíti az SSAB vezető pozícióját és a nyersanyagtól független, átfogó fenntartható kínálatát. Az SSAB több mint 50 országban van jelen munkaadóként, Svédországban, Finnországban és az Amerikai Egyesült Államokban pedig gyártóüzemei is működnek. Az SSAB elsődlegesen a stockholmi Nasdaq Nordic tőzsdén, másodlagosan a helsinki Nasdaq tőzsdén jegyzett. Honlap: Csatlakozzon hozzánk az interneten is! [www.ssab.com](http://www.ssab.com), Facebook, Instagram, LinkedIn, X és YouTube.

Fedezze fel a Hardox® kopásálló lemezek világát



**SSAB**  
SE-613 80 Oxelösund  
Svédország

T +46 155 25 40 00  
[contact@ssab.com](mailto:contact@ssab.com)

[hardox.com](http://hardox.com)

A Hardox® az SSAB cégcsoport védjegye. Minden jog fenntartva. Az ebben a brosúrában található információk csak tájékoztató jellegűek. Az SSAB nem vállal felelősséget semmilyen felhasználás alkalmasságára vagy megfelelőségére vonatkozóan. A felhasználó felelőssége, hogy független módon meghatározza valamennyi termék és/vagy felhasználás alkalmasságát, valamint hogy vizsgálja és ellenőrizze azokat. Az SSAB AB az alábbiakban megadott információkat „ahogy van, ahol van” alapon, valamennyi hibájával együtt biztosítja, az ezen információkkal kapcsolatos összes kockázatot a felhasználó viseli.

Copyright © 2024 SSAB AB. Minden jog fenntartva.

**SSAB**