Több soros, nagy nyomású és bélelt forgócsuklók alkalmazása

Dr. Reith Márta Janka

Dunaharaszti, 2026.03.18.

Tartalom

- *Merevkaros töltőkarok vs. tömlők*
- *Merevkaros töltőkarok jellemzői és kiegészítő funkciói*
- *Forgócsuklók*
  - *Feladata*
  - *Felépítése*
  - *Anyagai*
  - *Bélések*
  - *Tömítések*
- *Nyomásosztályok*
- *3 soros forgócsuklók*



Merevkaros töltőkarok vs. tömlő

Szempont	Merevkaros töltőkar	Tömlő
Fizikai erőigény	**Alacsony** (kiegyensúlyozott, egykezes)	**Magas** (nehéz, gyakran többemberes)
Várható élettartam	**15–20+ év** (szakszerű használat mellett)	**2–5 év** (anyagtól és igénybevételtől függően)
Karbantartás	Ritka (éves tömítés-ellenőrzés, zsírozás)	Gyakori (vizuális sérülés, nyomáspróba)
Beruházási költség	Magas	Alacsony
Üzemeltetési költség	Alacsony (hosszú távon megtérül)	Magas (rendszeres csereigény)
Munkavédelem	**Kiváló** (ergonomikus, nincs botlásveszély)	**Közepes** (sérülékeny, fizikai teher)





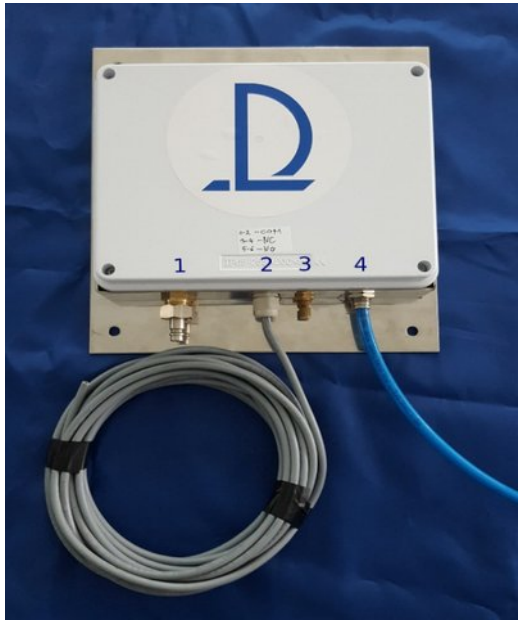
Merevkaros töltőkarok

- ***Hosszú élettartam és alacsonyabb fenntartási költség***
- ***Könnyű kezelhetőség és ergonómia***
- ***Áramlási hatékonyság, egyszerű tisztíthatóság***
- ***Szélsőséges technológiai paraméterek kezelése***
- ***Maximális biztonság és környezetvédelem***



Merevkaros töltőkarok további funkciói

- ***Túltöltés gátlás***
- ***Gázvisszavezetés***
- ***Habzásgátlás***
- ***Fűthetőség***
- ***Egzakt végállások, automatizálható***



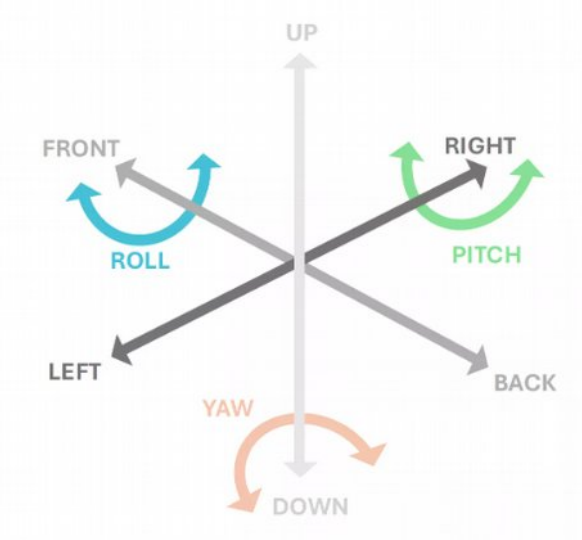




A forgócsuklók mint „ízület”

- ***A forgócsukló teszi lehetővé, hogy a töltőkarok vagy tömlős szerkezetek olyan mechanizmusként viselkedjenek, mint pl. egy emberi kar.***

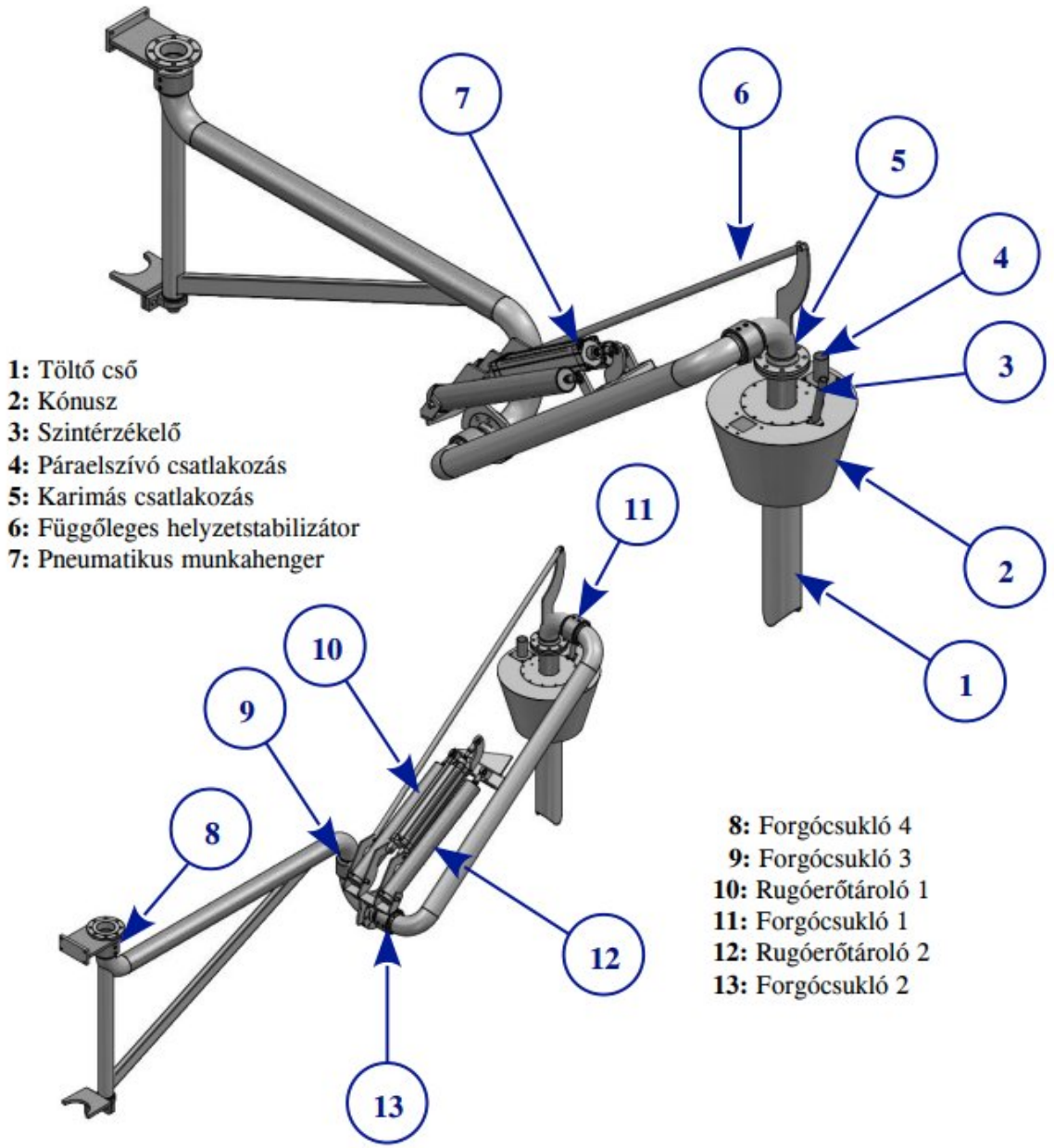




- ***<u>Kinematika, szabadságfokok:</u>***

  Biztosítják a teljes 360 fokos elfordulást a tengelyük körül, így a töltőkar követni tudja a tartálykocsi süllyedését vagy emelkedését a töltés során.

DL- Felső töltőkar

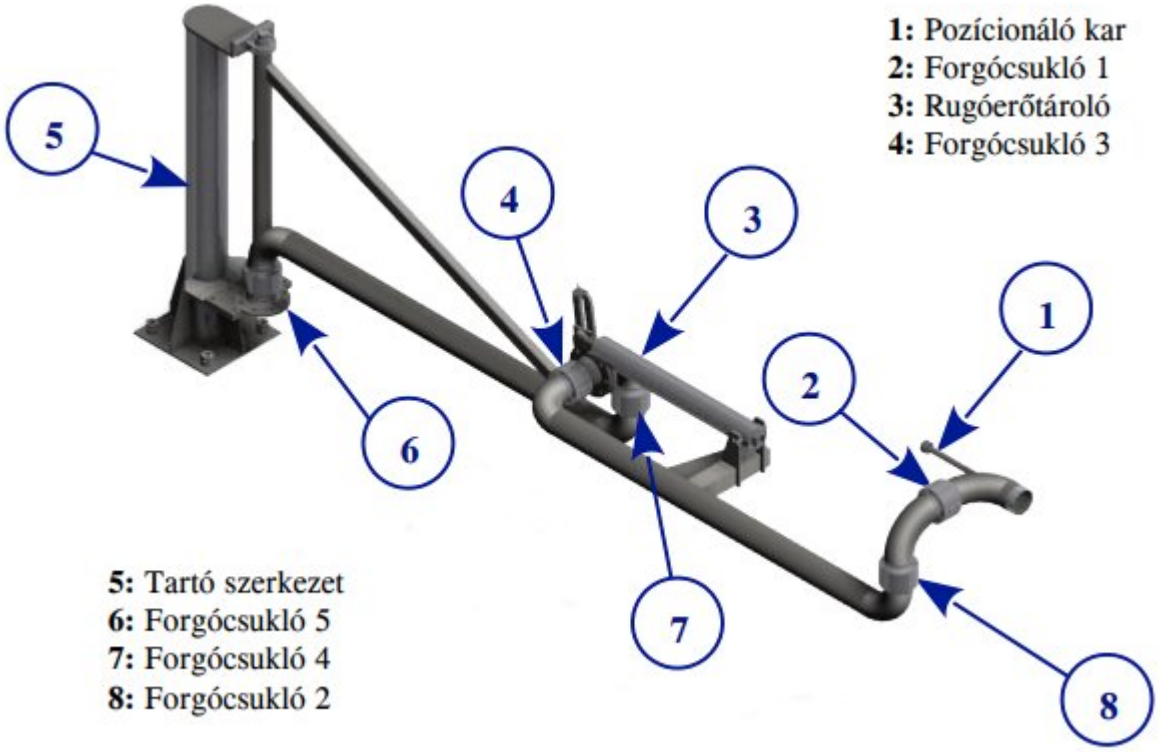


1: Töltő cső
2: Kónusz
3: Szintérzékelő
4: Páraelszívó csatlakozás
5: Karimás csatlakozás
6: Függőleges helyzetstabilizátor
7: Pneumatikus munkahenger

8: Forgócsukló 4
9: Forgócsukló 3
10: Rugóerőtároló 1
11: Forgócsukló 1
12: Rugóerőtároló 2
13: Forgócsukló 2



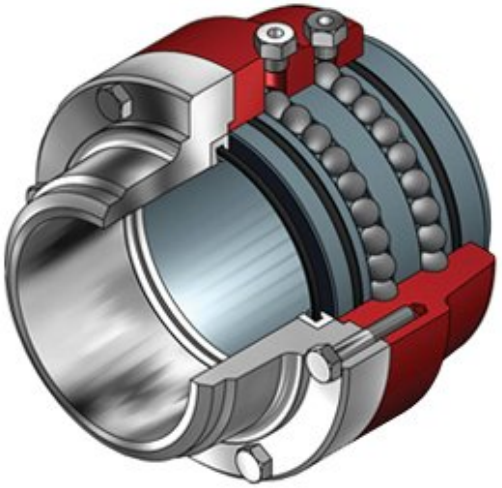
DL – Alsó töltőkar

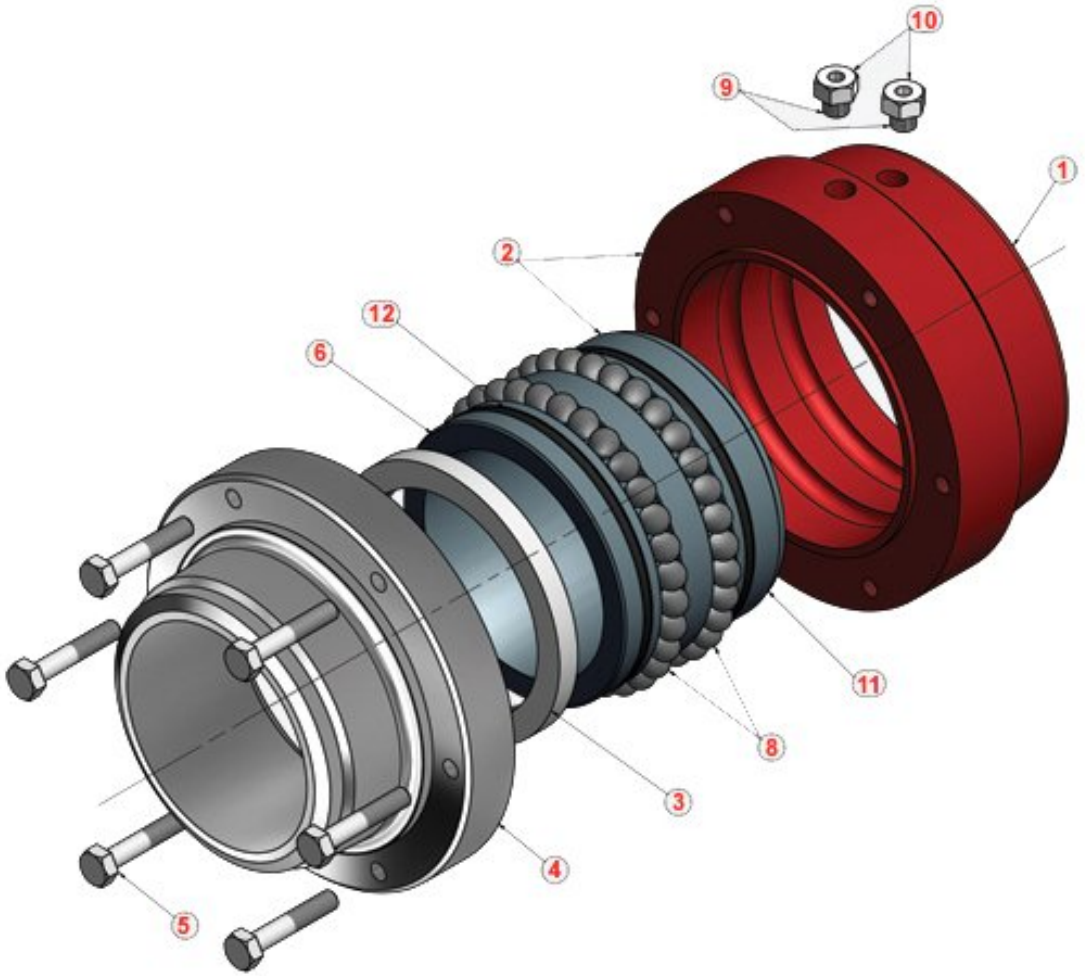




Forgócsuklók felépítése

- ***Speciális szerelőnyíláson keresztül töltik be a futópályába a golyókat, majd ezt a nyílást egy dugóval lezárják.***





Forgócsuklók alapvető funkciói

- ***Mechanikai teherhordás (Rögzítés)***
  - ***A golyók futópályákban helyezkednek el a belső és a külső ház között. Ezáltal egyfajta mechanikai reteszként működnek:***
  - ***Megakadályozzák, hogy a csukló két fele szétcsússzon vagy „szétlökődjön” a belső nyomás hatására.***
  - ***Elviselik az axiális (tengelyirányú) és radiális (sugárirányú) erőket, miközben engedik az elfordulást.***
  - ***Gyakran több golyósorral is találkozhatunk a nagyobb teherbírás érdekében.***
- ***Súrlódáscsökkentés és sima futás***
  - ***Ahogy a hagyományos golyóscsapágyaknál, itt is a gördülő ellenállás kihasználása a cél***
  - ***A golyók biztosítják, hogy a csukló akár nagy nyomás alatt is könnyen, akadásmentesen elforgatható maradjon.***
  - ***Védik a tömítéseket: ha a csukló nem forogna simán, a tömítések egyenetlen terhelést kapnának és gyorsan elkopnának (szivárgás alakulna ki).***

A forgócsuklók alapvető funkciói

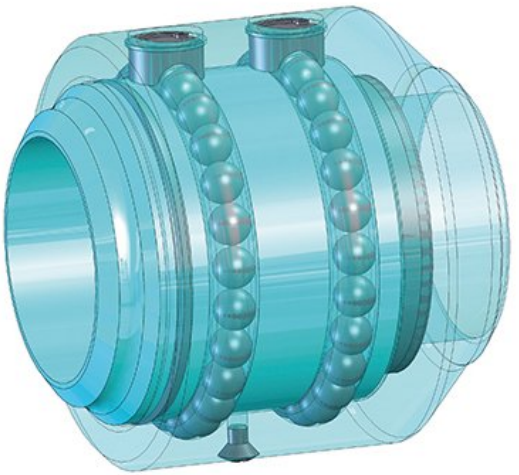
- ***Hermetikus zárás:***

  Megakadályozzák, hogy a környezetbe mérgező vagy tűzveszélyes anyag jusson, miközben az alkatrészek egymáson elmozdulnak, dinamikus tömítések használata



- ***Statikai teherviselés:***

  Nemcsak a közeget szállítják, hanem tartják a kar súlyát és ellenállnak a dinamikus lökéseknek is, vastag falú, masszív szerkezetek



Anyagválasztás forgócsuklók esetén

- ***Anyagválasztási szempontok: elsősorban a szállított közeg (olaj, sav, gáz, élelmiszer) és a környezeti hatások határozzák meg***
  - ***<u>Kémiai kompatibilitás (Korrózióállóság)</u>***

    Legfontosabb szempont! Az anyagnak ellenállónak kell lennie a szállított közeggel szemben, hogy elkerüljék a falvastagság csökkenését vagy a pontkorróziót.
  - ***<u>Mechanikai igénybevétel és nyomás</u>***

    A csuklóknak nemcsak a belső nyomást (P), hanem a kar súlyából és a szélterhelésből adódó hajlítónyomatékot is bírniuk kell. Itt a folyáshatár (Re) és a szakítószilárdság (Rm) a döntő tényező.
  - ***<u>Hőmérsékleti tartomány</u>***

    A szélsőséges hőmérséklet befolyásolja az acél anyagszerkezetét:
    - ***Magas hőmérséklet: Csökken a szilárdság, tágul az anyag.***
    - ***Alacsony hőmérséklet: Fennáll a ridegtörés veszélye.***
  - ***<u>Kopásállóság (Golyópályák keménysége)</u>***

    Mivel a forgócsuklók golyóscsapágyazottak, a futópályák anyaga kritikus. Gyakran alkalmaznak felületi edzést (pl. nitridálás vagy lángedzés), hogy a golyók ne "rágják be" magukat az anyagba a folyamatos mozgás során.

Forgócsuklók különböző anyagai

- ***Szénacél:*** ***A leggyakoribb választás kőolajszármazékokhoz, üzemanyagokhoz és nem korrozív gázokhoz. Olcsó, kiváló a mechanikai szilárdsága és jól bírja a nagy nyomást. Általában külső korrózióvédelemmel (festés, horganyzás) látják el.***
- ***Rozsdamentes acél*** ***(pl. AISI 316L / 1.4404): Vegyipari alkalmazásoknál, agresszív savaknál, lúgoknál vagy élelmiszereknél alapvető. Kiváló korrózióállósággal rendelkezik, és nem szennyezi a szállított anyagot.***
- ***Alacsony hőmérsékletű acélok:*** ***LNG (cseppfolyósított földgáz) vagy más kriogén közegek esetén speciális ötvözeteket használnak, amelyek −160 °C környékén sem válnak rideggé***
- ***Alumínium ötvözetek:*** ***Ritkábban, de előfordulnak kisebb súlyú, mobil töltőkaroknál (pl. közúti tartálykocsiknál), ahol a súlycsökkentés és a szikramentes környezet fontosabb a nagy nyomásnál.***
- ***Speciális ötvözetek (Hastelloy, Monel)****: Extrémen korrozív, forró vegyi anyagokhoz használják, ahol a sima rozsdamentes acél is megadná magát.*

Anyagválasztás forgócsuklók esetén

Anyagjel DIN 17007	Rövidített megjelölés DIN 17006	C [%]	Si [%]	Mn [%]	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Egyéb [%]	$R^{0.2}$ [MPa]	HB	Rm [MPa]	A^{80} * [%]	A^{80} ** [%]	Tulajdonságok és felhasználási területek	Más jelölés *MSZ*	AISI/SIS specifikáció
1.4301	X5 CrNi 18 10	0.07	1.0	2.0	17.0 19.0		8.5 10.5		220	235	550 750	35	40	Víz, enyhén szennyezett víz, élelmiszerek, szerves savak esetén, általában 4.5-ös pH-ig, klórtartalom mentes közegben.	V2A KO 33	304/2333
1.4306	X2 CrNi 19 11	0.03	1.0	2.0	18.0 20.0		10.0 12.5		220	270	520 670	35	40		KO 41 Lc	304L2352
1.4541	X6 CrNiTi 18 10	0.08	1.0	2.0	17.0 19.0		9.0 12.0	Ti L(5x%C	230	260	540 740	35	40		KO 36 Ti	321/2337
1.4401	X5 CrNiMo 17 12 2	0.07	1.0	2.0	16.5 18.5	2.0 2.5	10.5 13.5		240	245 270	550 700	35	40	Az előző csoportnál nagyobb ellenállás jellemző. Ajánlott vegyipari berendezésekben, papíriparban, ill. magasabb klórtartalomnál.	V4A	316/2347
1.4404	X2 CrNiMo 17 13 2	0.03	1.0	2.0	16.5 18.5	2.0 2.5	11.0 14.0		240	225 270	550 700	35	40			316 L
1.4571	X6 CrNiMoTi 17 12 2	0.08	1.0	2.0	16.5 18.5	2.0 2.5	10.5 13.5	Ti 5x%C	240	270	540 690	35	40		KO 35 Ti	316 Ti/2353
1.4435	X2 CrNiMo 18 14 3	0.03	1.0	2.0	17.0 18.5	2.5 3.0	12.5 15.0		240	225 270	540 690	35	40	Az előző csoportnál nagyobb ellenálló képesség nem oxidáló savakkal és klórtartalmú közegekkel szemben.	V44A Supra	2343 esetleg:
1.4436	X5 CrNiMo 17 13 3	0.07	1.0	2.0	16.5 18.5	2.5 3.0	11.0 14.0		240	240 270	550 700	35	40		KO 38 Lc	316L/2353
1.4438	X2 CrNiMo 18 16 4	0.03	1.0	2.0	17.5 19.5	3.0 4.0	14.0 17.0		220	230 250	500 700	35	40		V18A KO 42 Lc	317 L/2367 NK
1.4406	X2 CrNiMoN 17 12 2	0.03	1.0	2.0	16.5 18.5	2.0 2.5	10.5 13.5	N = 0.12 0.20	280	310	580 800	30	35	Az előző csoportnál nagyobb ellenálló képesség, nagy szövetszerkezeti stabilitás, nagy szilárdság.		316 LN
1.4439	X2 CrNiMo 17 13 5	0.03	1.0	2.0	16.5 18.5	4.0 5.0	12.5 14.5	N = 0.12 0.22	300	315	600 800	30	35	Nagy ellenálló képesség nem oxidáló savakban és klórtartalmú közegekben, pl. tengervíz és hipoklorid oldatok.	ASN 5 W Novnox AS 175h	317 LN

* Szakadási nyúlás hosszirányban ** Szakadási nyúlás keresztirányban

7. Táblázat **Rozsdamentes acélok (ausztenites)**

Különböző bélések, bevonatok



Feladatuk: ***Védelem és a közeggel való kompatibilitás biztosítása. Mivel a csukló háza gyakran szénacélból vagy rozsdamentes acélból készül, a bélés egyfajta pajzsként funkcionál a ház és a szállított anyag között***

Leggyakoribb bevonat: Teflon (PTFE)

1. Vegyszerállóság (Kémiai semlegesség)

- ***A teflon az egyik legellenállóbb anyag. A bélés megakadályozza, hogy a korrozív anyagok (savak, lúgok, agresszív oldószerek) kikezdjék a csukló fémházát. Ezáltal olcsóbb alapanyagból készült ház is használható extrém vegyszerekhez***

2. Súrlódáscsökkentés és tapadásmentesség

- ***A PTFE bélés rendkívül alacsony súrlódási tényezővel bír, könnyebb elfordulást biztosít a tengelynek, csökkentve a szükséges nyomatékot***
- ***Tisztíthatóság: Mivel semmi sem tapad hozzá, a béléssel ellátott csuklók könnyebben átmoshatók, ami az élelmiszer- és gyógyszeriparban alapkövetelmény***

3. Kopásállóság és tömítésvédelem

- ***A bélés gyakran egybefüggő felületet alkot a tömítéssel. Ez megvédi a dinamikus (mozgó) tömítőelemeket a koptató hatású szemcséktől, így jelentősen növeli a karbantartási ciklusok közötti időt***

Tömítések szerepe és anyagai

- ***Elasztomerek (gumi alapú)***

  Viton: Magas hőmérsékletre és olajszármazékokhoz, jól bírja a magasabb hőmérsékletet (200°C-ig) és a legtöbb vegyszert, de alacsony hőmérsékleten (fagyban) rideggé válik

  EPDM: Élelmiszeripari és vizes bázisú rendszerekhez, olajjal érintkezve duzzad és tönkremegy

- ***PTFE (Teflon) és kompozitjai***

  Nagy nyomású vagy extrém vegyszerállóságot igénylő helyeken szinte mindig teflon alapú tömítéseket használnak, szinte minden vegyszernek ellenáll

  Töltött PTFE: általában dinamikus tömítésnek üvegszál, szén vagy bronzzal töltött PTFE-t használnak

  Rugóterhelésű tömítések: fémrugó feszíti elő kis nyomás vagy hőmérséklet ingadozás esetén

- ***Speciális nagynyomású anyagok***

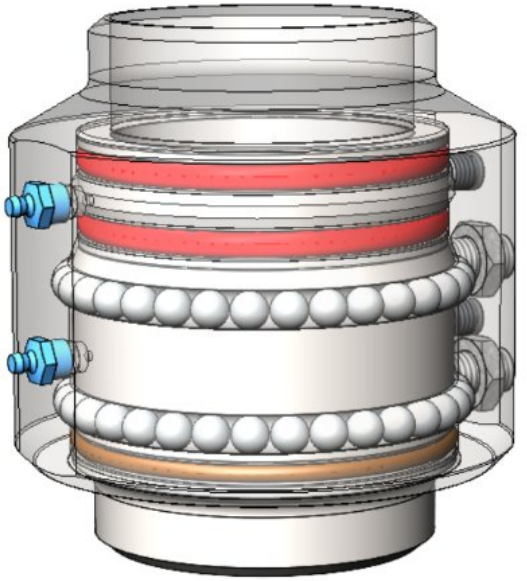
  Poliuretán: szívós, kopásálló, nagy mechanikai igénybevétel esetén

  PEEK: Nagyon kemény műanyag, amit gyakran támasztógyűrűként (back-up ring) használnak a lágyabb tömítések mögött

Tömítések szerepe és anyagai

- ***Feladatuk: biztosítják a szivárgásmentességet, miközben a fémfelületek folyamatosan elmozdulnak rajtuk***
- ***Anyagválasztás: függ a nyomástól, a hőmérséklettől és a szállított közegtől***
- ***Kiemelten fontos az anyaga vegyi hatások miatt***





Nyomás osztályok

Nyomás-fokozat	Nyomás-tartomány	Jellemző szállított közeg	Jellemző szerkezeti anyag	Tömítéstechnológia és kihívások
Alacsony	0 – 10 bar	Gázolaj, benzin, étolaj, víz, híg savak	Szénacél, Alumínium, AISI 316L	Egyszerű elasztomerek (Viton, PTFE). Fő szempont a korrózióállóság.
Közepes	10 – 25 bar	LPG (PB-gáz), Ammónia, Folyékony CO2	Nemesített szénacél, alacsony hőm. acélok	Erősített forgócsuklók, mechanikus tömítések. Vészleoldó (ERC) kötelező.
Magas	25 – 100 bar	Sűrített földgáz (CNG), Vegyipari gázok	Vastag falú rozsdamentes acél	Dupla golyóspályás csuklók.
Extra Magas	100 – 350 bar	Ipari Nitrogén, Hidrogén (350), Hidraulika	Spec. ötvözött acél, Ni-Cr ötvözetek	Fém-a-fémen tömítések vagy kompozitok. Megjelenik a gázdiffúzió veszélye.
Ultra Magas	350 – 700+ bar	Hidrogén (H2) (személyautó töltés)	Speciális ausztenites acélok	Hidrogénridegedés elleni védelem, aktív hűtés (−40 °C).
Kriogén	5 – 10 bar (p alacsony, de feszültség nagy)	LNG (−162 °C), Folyékony nitrogén	1.4404 / 316L (speciális hőkezeléssel)	Szigetelt karok, jégképződés elleni védelem a csuklóknál.



3 soros forgócsuklók



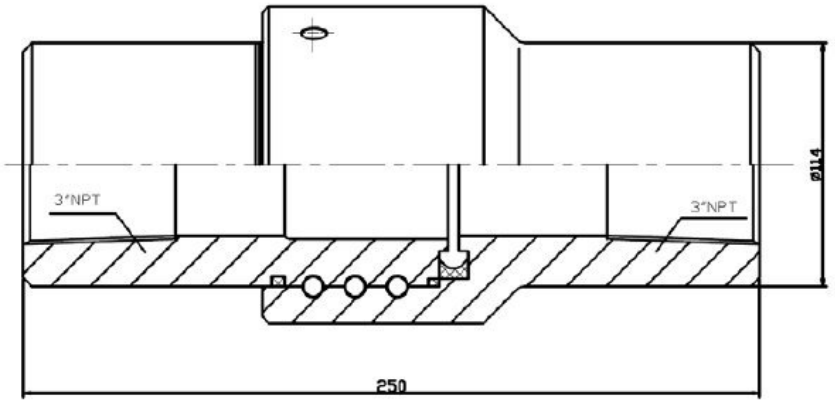
- *Üzemi nyomás:*
  42 MPa – 140 MPa
- *Névleges átmérő: 1” – 4”*
- *Hőmérsékleti osztály:*
  -29 °C – 121 °C
- *Alkalmazási környezet:*
  Standard vagy H2S (kénhidrogénes/savanyú közeg)
- *Különböző csatlakozások:*
  hegeszthető, NPT (National Pipe Thread) kúpos menetes csatlakozó





Gyártói dokumentumok

- *Terméknyomás-vizsgálati jegyzőkönyv*
- *Anyagvizsgálati tanúsítvány: nagy szilárdságú kovácsolt, ötvözött, nemesített acél*
- *Hőkezelési és keménységi jegyzőkönyv*
- *Ultrahangos vizsgálati jelentés*
- *Mágnesporos repedésvizsgálati jelentés*

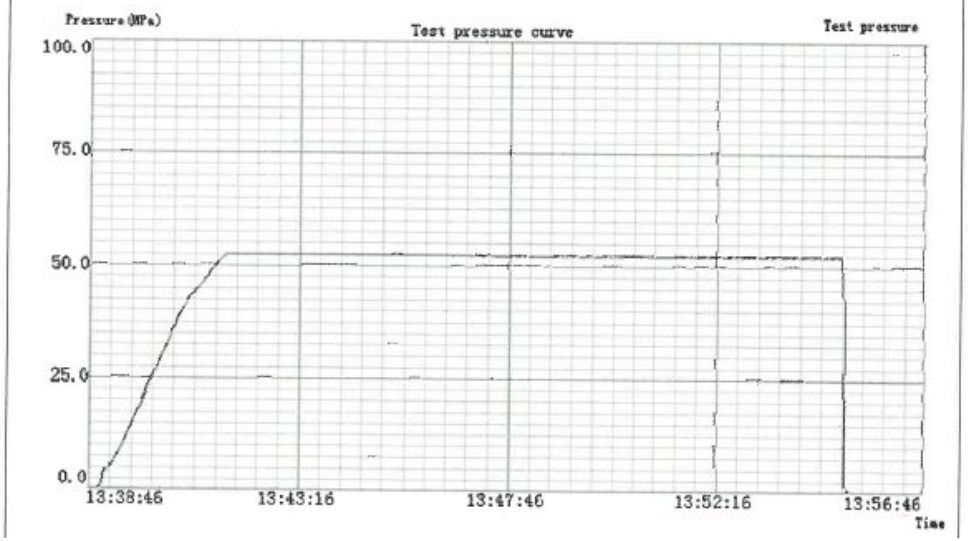


Vizsgálati nyomás és nyomáspróba

- ***Product Pressure Test Report / Terméknyomás-vizsgálati jegyzőkönyv szerint a munkadarabokat az alábbi vizsgálati nyomásnak vetették alá: 53,2 MPa = 532 bar***

Product Pressure Test Report

Name	Swivel Joint	Model	3" Style 20 Female NPT threaded WP.5K
Nominal pressure	35MPa(5K)	Execute standard	API SPEC 16C/6A
Test Type	Hydrostatic leakage test	Testing Equipment	Reciprocating pump
Number	2511022138	Subscription date	11-2025
Test pressure	53.20MPa	Holding time	15min
Pressure drop	0.25MPa	Note	
Test item			





Összeszerelt töltőkarokon kiszállítás előtt nyomáspróbát végzünk.

Köszönöm a figyelmet!

Direct-Line Kft.
www.dldh.hu