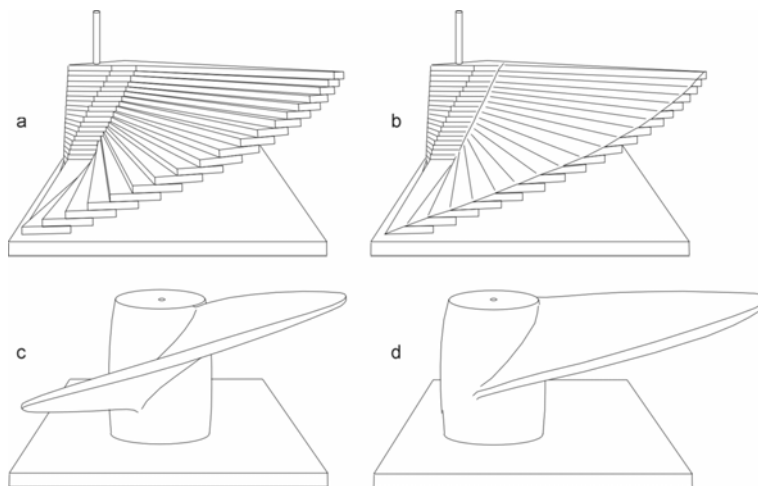


#### 4.3.2.5 Hajócsavar-gyártás

A hajócsavarok gyártása erősen speciális tevékenység, amelynél olyan eszközökre is szükség van, mint a nagy méretű öntvények készítéséhez használt berendezések, azok megmunkálására szolgáló szerszámok és gépek, mégpedig olyanok, amelyek megfelelő pontosságú munkára alkalmasak. Biztosítani kell, hogy az öntvények mentesek legyenek az öntési hibáktól, és a kész hajócsavar alakja és méretei szerint megfeleljen a tervező által előírt adatoknak. A pontatlanul elkészített hajócsavar hatásfoka kisebb a szükségesnél, és olyan működési hibák is felléphetnek, mint a kavitáció, a rezgések, az erózió és a különféle hangok megjelenése (füttyülés, visítás, éneklés).

##### 4.3.2.5.1 Elő-gyártmány

A hajócsavarok gyártását a kezdetek óta az esetek többségében öntéssel végezték. Az öntött hajócsavarok anyaga azonban jelentős változáson ment át, kezdetben szinte kizárólag öntöttvasat használtak, amelyet tengeri hajóknál a színesfémek (elsősorban bronz) váltották fel, a folyami hajóknál viszont az öntött acél terjedt el.



4.3.2.5.1.1 ábra  
Egyszárnyú faminta készítése

Amint az mindenütt az iparban elfogadott dolog, az öntéssel készült alkatrészek jelentős ráhagyást igényelnek két okból is:

- az öntés nem precíziós tevékenység, és biztosítani kell, hogy a

kész munkadarab a nyers öntött darabból kijön, ellenkező esetben anyagot kell felhordani, ami számos egyéb nehézséget is okoz amellet, hogy költséges,

- az öntés során a munkadarab felülete az öntőforma lenyomata lesz, a felületet meg kell munkálni a megfelelő felületi minőség eléréséhez.

Az öntés végezhető mintával, amennyiben több egyforma hajócsavart kívánnak önteni, vagy sablonos formázással, amiről később lesz szó.

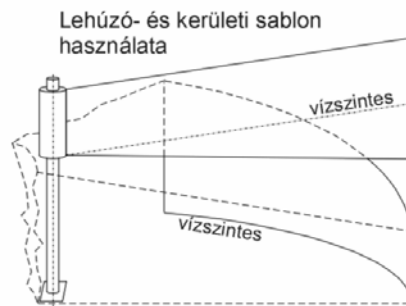
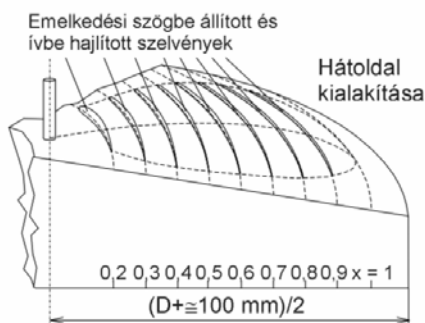
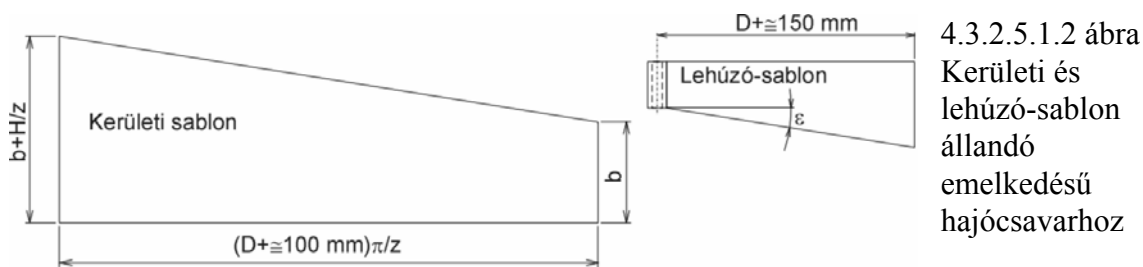
A legkisebb méretcsoportba (motorcsónakokhoz, vitorlás hajók segédmotorjaihoz és nagy fordulatszámú kishajók propulziójához tartozó hajócsavarok) tartozó hajócsavarokat *precíziós öntéssel* készítik, anyaguk általában alumínium illetve olyan színesfém- vagy acélötvözet, amely ellenáll a tengervíz korróziójának. Az ilyen alkatrészek gyártása nem tipikusan hajóipari tevékenység, inkább a finommechanikai iparág más bonyolult alakú alkatrészeinek gyártásával azonos művelet. Ezek a gyakorlatban készgyártmányok, felületüket csak kis mértékben kell megmunkálni, sem az előgyártás során rajtuk maradt anyagfelesleg nem jelentős, sem korrekciós megmunkálásra nincs szükség.

## BBBZ kódex

A kisebb és normál méretű hajócsavarok gyártásánál (2,5-méteres átmérő alatti, a mi gyakorlatunkban szinte mindig ez a helyzet) lehet *egyszárnyú famintákat* alkalmazni, maga a *formaszekrény* két részből állhat. Nagyobb sorozatban gyártott hajócsavarnál érdemes az egyszárnyú faminta segítségével *teljes alumínium mintát* önteni, amely pontosabb formázást tesz lehetővé, és kisebb ráhagyást kell eltávolítani.

Az egyszárnyú faminta készítési technikáját a 4.3.2.5.1.1 ábra mutatja. Az a) részleten a szárny összeállítása látható lécekből, amelyek együtt kiadják a szárnyszelvényeket. A b) részleten a tolóoldal már ki van alakítva, a hátoldalon a lécek még nyers állapotban vannak. A c) részlet a kész famintát mutatja a szárny vége felől, a d) pedig ahhoz képest 90°-os eltéréssel.

A nagyobb hajócsavaroknál *sablonos formázást* alkalmaznak, amely azt jelenti, hogy a formának azt a felületét, amely a hajócsavarszárny tolóoldalának felel meg, *lehúzással* alakítják ki. Ehhez *lehúzó-sablont* használnak, amely egy hüvelyhez erősített lemez. Ez a lemez egy tengely körül elforgatható és azon eltolható, mozgását az adott sugárviszonyhoz tartozó emelkedésnek megfelelő *íves (kerületi) sablon* szabályozza, amely lehet állandó vagy változó emelkedés szerinti. A lehúzó-sablon csavarfelületet hoz létre, amelynek emelkedése az előírtnak megfelelő.



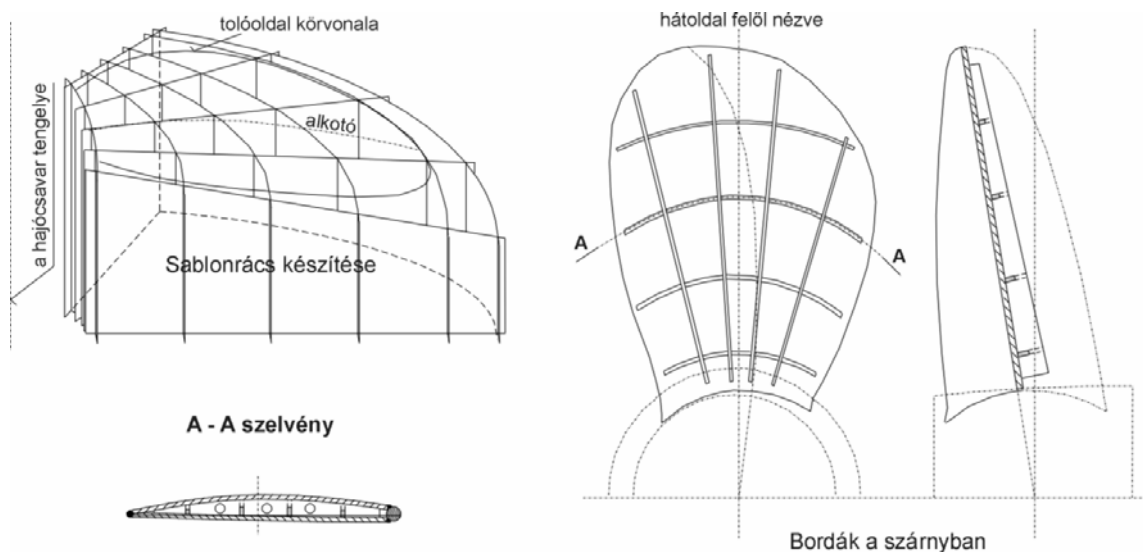
A forma anyaga kötőanyaggal kevert homok. A szárny hátoldalához tartozó formaszekrény félben a tolóoldal kialakítása után

az egyes sugárviszonyoknak megfelelő sablonok segítségével képezik ki a hátoldal felületét. A műveleteket a 4.3.2.5.1.2 ábra szemlélteti. A két felet ezután külön-külön megtisztítják és a felületeket simítják. Az öntés maga nem különbözik az egyéb öntődei eljárásoktól, *beöntő és kifolyó járatokat* képeznek ki, hogy az öntvény minél kevesebb szilárd és légnemű szennyeződést tartalmazzon.

A nagyobb hajócsavarok esetében alkalmazott másik gyakorlat, hogy külön gyártják le az agyat és a szárnyakat. Ilyenkor a szárnyakat az agyhoz tőcsavarokkal rögzítik, az agy lehet öntött vagy kovácsolt darab, a szárnyakat is lehet öntéssel vagy kovácsolással készíteni. Az osztályozó intézetek pontos és szigorú előírásokat adnak a szerelt

hajócsavarok estében is. Előnye a szerelt hajócsavaroknak a gyártás viszonylagos egyszerűsége mellett az, hogy a hajócsavar javítása lényegesen kisebb költséget jelent, mint az egész hajócsavar cseréje.

A hajócsavarokat kivételes esetben hegesztéssel is lehet gyártani, a *hegesztett csavarok* szinte mindig körszelet profilokból állnak, a Gawn csavarok erre a legalkalmasabbak. A hegesztett hajócsavarok gyártására a 4.3.2.5.1.3 ábra utal. A tolóoldal kialakításához íves kerületi sablonokból álló sablonrácst készítenek, az íveket sugárirányú merevítések tartják a helyükön. Lehet vastagabb lemezből gyártani vagy vékonyabból, utóbbi esetben a lemezek maximális távolsága a rácspan 5-8 cm, és betonnal öntik ki, hogy kellő szilárdsága legyen, mert el kell viselnie a tolóoldali lemez rákalapálását. Természetesen annyi példányban kell elkészíteni a sablonrácst, ahány szárnyú a hajócsavar.



4.3.2.5.1.3 ábra Hegesztett hajócsavar gyártása

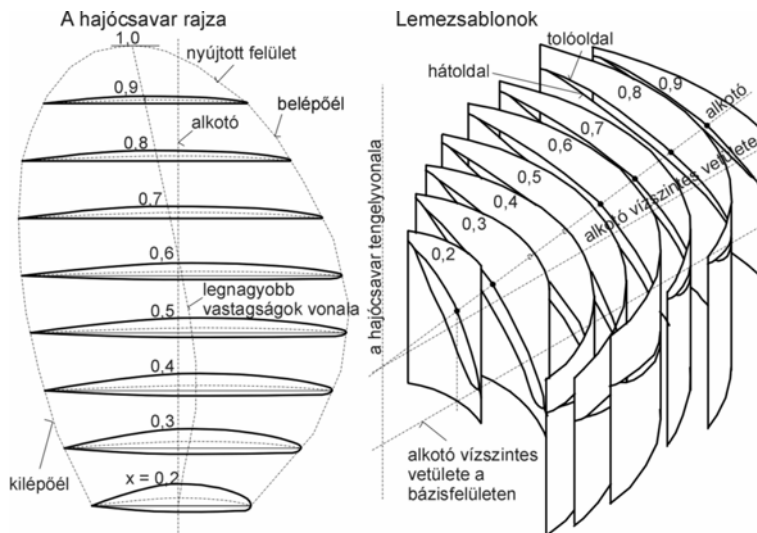
A tolóoldal elkészítése után ráhegesztik az összefésült köríves és sugárirányú bordákat, amelyek a toló- és a hátoldalt elválasztják. A kivágott hátoldali lemezt a bordák segítségével a helyére hajlítják (esetleg kalapálják), aztán lyukhegesztéssel a bordákhoz hegesztik, és a toló- és hátoldalt folyamatos varrattal összehegesztik. A szárny elég merev lenne a bordák nélkül is, azonban a gyártáshoz szükség van rájuk.

A sablonrácson fekvő szárnyakat az agyhoz hegesztik. A szárnytónél feltétlenül szükséges keresztmetszeti átmenet (rádiusz) a hegesztési varrattal alakítható ki. A szárnyak mindegyikén két lyukat hagynak, amelyek segítségével vízpróbát végeznek a szárnyakon, és amennyiben a vízmentesség megfelelő, kiöntik betonnal vagy bitumennel. Ezt követően lezárják menetes dugóval, amelyet a szárnyfelülettel egy síkba hoznak.

A hegesztett hajócsavarok előnye mellett, hogy egyedi gyártásnál olcsóbbak, mint az öntéssel készített eszközök, az is, hogy a tömegek sokkal kisebbek, tehát a centrifugális erőből adódó igénybevétel a szárnytónél sokkal kisebb.

### 4.3.2.5.2 Megmunkálás

A kisebb hajócsavarok öntése leginkább egyszárnyú famintával történik, a teljes hajócsavar egyetlen öntvény, amelynek *megmunkálása* az általános gépipari gyakorlat szerint a felfogó-felületek pontos kialakításával kezdődik (tengelyvonal kitűzése, agy megmunkálása), ezt követően a szárnyak szelvényeit kell a rajznak megfelelő alakúra formálni.



4.3.2.5.1.4 ábra  
Hajócsavarszárny  
gyártásához és  
ellenőrzéséhez használt  
lemezsablonok

Ez utóbbihoz szükség van olyan sablonkészletre, amely a szárnyak adott sugaránál a tolóoldal, hátoldal és emelkedés minden koordinátájának ellenőrzésére alkalmas. Ilyen sablonok láthatóak a 4.3.2.5.1.4 ábrán.

#### 4.3.2.5.2.1 Kézi műveletek

A hajócsavar agyának gépi megmunkálását követően a hajócsavart bázisfelületre fogják fel, és pontosan megméri, hol mennyi anyagot kell eltávolítani a szárnyakról. A szárny rajzon megadott méretei alapján olyan vezetőfuratokat készítenek a szárnyon, amelyek kis ráhagyással a tolóoldal és hátoldal felületét jelölik ki.

A hagyományos eljárásnál kézi vésőgéppel távolítanak el annyi anyagot, hogy a vezetőfuratok aljának megfelelő felület alakuljon ki. A szárny pontos kézi megmunkálása kézi köszörűvel végezhető el.

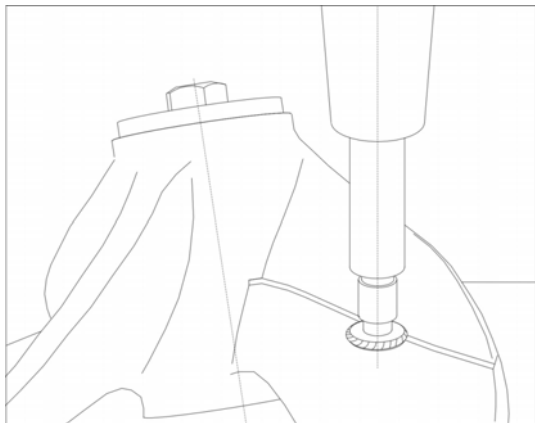
A lemezsablonok ennél a műveletnél már szükségesek, és a szárny felülete polírozással nyeri el végső állapotát. Ezt a művelet a legkorszerűbb hajócsavar megmunkálásnál is kézzel végzik el.

Az egyes szárnyak megmunkálása egymás után történik. A kész hajócsavart a sablonok és más mérőeszközök segítségével ellenőrzik, ezután következhet a felületvédő festés.

#### 4.3.2.5.2.1 Gépi műveletek

A szerszámgépek fejlődése már a 20. század 80-as éveiben lehetővé tette, hogy a hajócsavarok kézi megmunkálásának számos művelete géppel elvégezhető legyen. A korábban is csak géppel végezhető megmunkálás mellett (pl. az agy belső felületének és

homlokfelületeinek esztergálása, a reteszhorony marása vagy vésése) a szárnyról eltávolítandó anyag gépi forgácsolása olyan számjegyvezérlésű (NC) és számítógépes programozású (CNC) marógépekkel történt (ezeknél a megmunkáló központ elnevezés vált elterjedtté), amelyeknél kezdetben két mozgást vezéreltek programmal, általában a munkaasztal mozgásának egy koordinátáját és a szerszámtartón a szárnyprofil emelkedésének megfelelő koordinátát. Később a háromdimenziós CNC vezérlők is megjelentek, ahol a munkaasztal mozgását teljes egészében számítógép irányította a szerszámtartó függőleges mozgása mellett. Mindkét esetben a forgácsolási adatokat (vágósebesség, előtolás) kézzel táplálták be. A fejlődés eredményeként megjelentek a négydimenziós (négytengelyes) megmunkáló központok, ahol a kézi beállításokat tovább lehetett csökkenteni, és a programra bízni. Az átlagos hajócsavarok megmunkálásánál elegendő a négy dimenzió, mert a szerszám megfelelő alakjának köszönhetően a szárny mindkét felülete készre munkálható, csak a polírozás marad kézi tevékenység (az ellenőrzésen kívül). A nagyobb felületviszonyú hajócsavaroknál a szárnyak axiális irányban átfedik egymást.



4.3.2.5.2.1 ábra CNC megmunkáló központon végzett hajócsavar megmunkálás

Ezek megmunkálása CNC gépen csak akkor lehetséges, ha vagy olyan felfogást használnak a hajócsavarhoz, amely a szerszám hozzáférését lehetővé teszi, ami nagyon megkönnyíti a művelet programozását, vagy pedig öttengelyes (öt mozgás vezérlésére alkalmas) megmunkáló központon végzik el a munkát. Az öttengelyes gépeken a szerszám

szögbeállítása is vezérelhető.

A szerelt vagy állítható szárnyú hajócsavarok szárnyának CNC gépeken végzett megmunkálása viszonylag egyszerűbb a megfelelő hozzáférés miatt.

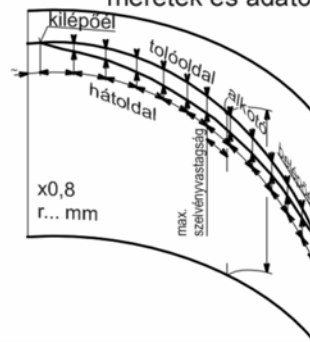
#### 4.3.2.5.3 Ellenőrzés

A *hajócsavarok gyártás utáni ellenőrzése* a gyártásnál felhasznált anyag vizsgálatát és a hajócsavaragy és a szárnyak méretellenőrzését jelenti. Az agy a műhelyrajz és technológiai utasítások alapján elvégezhető szokásos gépészeti méretellenőrzést követeli meg, valamint a felületi minőségek ellenőrzését. A szárnyak esetében valamennyi méretet ellenőrizni kell, amelyek a hajócsavar üzemi paramétereibe beleszólnak (emelkedés, átmérő, szárnymetszetek méretei), és amelyek a hajócsavar gyártási rajzán meg vannak adva. A rajztól eltérően azonban általában nem a szárnyszelvények húrra merőleges méreteit ellenőrzik, mert az a művelet a bonyolult felület miatt számos segédberendezést tenne szükségessé (pl. olyan felfogó készüléket, amely a hajócsavar adott szárnyprofilját úgy állítja be, hogy annak húrja egy adott

iránnyal, vízszintessel vagy függőlegessel párhuzamos legyen). A műszaki ellenőrzést végző egység szakemberei elkészítik a hajócsavar szárnyszelvényeihez a mérhető méretek táblázatát. Ennek alapján lehet a műszeres ellenőrzést elvégezni, és ugyanezeket az adatokat adják meg a gyors ellenőrzésre használt lemezsablonokon is, amelyre a 4.3.2.5.3.1 ábra mutat példát.



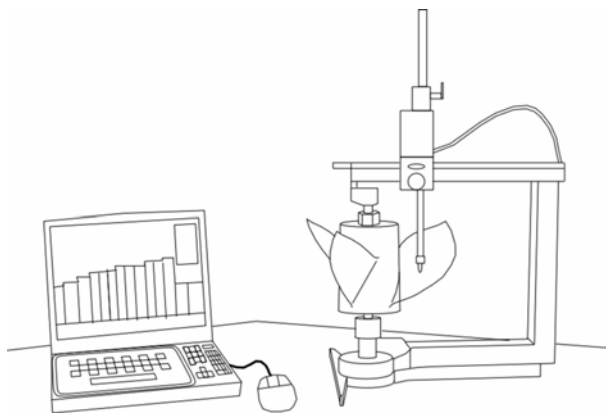
Íves lemezsablonon megadott méretek és adatok



4.3.2.5.3.1 ábra  
Hajócsavar ellenőrzésére szolgáló íves lemezsablon

A műszeres mérés korábban azt jelentette, hogy a hajócsavart felfogták egy

vízszintes síklapra úgy, hogy mellső homloklapfelülete vízszintes síkban legyen, és minden előírt sugárviszonynál kimérték a szárny mindkét felületének magasságirányú koordinátáit a táblázatban megadott helyeken. Ezeket hasonlították össze a táblázat magassági értékeivel. Ezt az eljárást követik ma is manuálisan azokban a hajócsavarral foglalkozó műhelyekben, ahol nem rendelkeznek korszerű készülékekkel, illetve ezek a korszerű készülékek is ugyanezen az elven működnek, csak kevesebb manuális tevékenységet igényelnek. Az elektronikus hajócsavar ellenőrző készülékek a legutóbbi 25 évben váltak elfogadottá, és a költségek csökkenése elősegítette elterjedésüket.



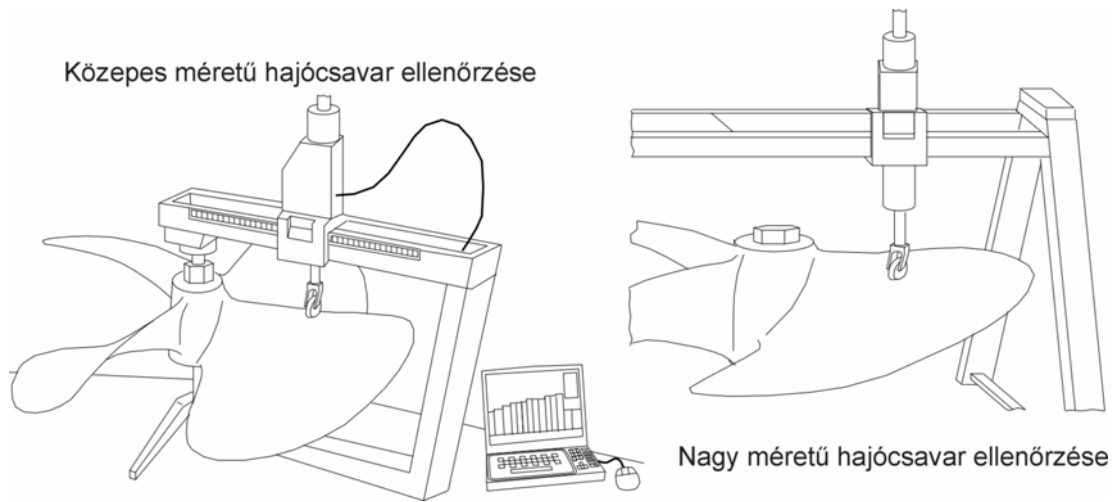
4.3.2.5.3.2 ábra Elektronikus ellenőrző készülék kis hajócsavarokhoz

Az egyik első ilyen készülék a Propeller Dynamics Pty Ltd. ausztrál cég 1979-ben kifejlesztett Prop Scan gyártmánya volt. Ezzel és változataival elsősorban a sport- és luxushajók kisebb hajócsavarjait lehetett ellenőrizni kb. 50 cm átmérőhatárig. A készülék digitális kijelzőn mutatta a

hajócsavar mért emelkedését. A berendezés lehetővé tette a hajócsavarok pontosságának növelését.

A készülék továbbfejlesztett változata nemcsak a nagyobb, akár 1 m átmérőjű hajócsavarok ellenőrzésére volt alkalmas, hanem a hajócsavar forgatását is elvégezte. A jelenleg használt hasonló berendezések számítógépre kapcsolható konstrukciójúak és monitoron grafikus kijelzéssel rendelkeznek. A mérethatár általában 3 m átmérő, amely a jelenleg közlekedő hajók zöménél alkalmazott hajócsavarok tartományát magában foglalja. A készülék a mért adatokat kijelzi, tárolja és nyomtatott alakban rendelkezésre

bocsátja. Ez az információ már elegendő a hajócsavar tervezéssel és gyártással foglalkozó szakemberek számára.



4.3.2.5.3.3 ábra Elektronikus ellenőrző készülékek közepes és nagy hajócsavarokhoz