



# Kiegyensúlyozás

- Kiegyensúlyozatlanság eredete,
- Kiegyensúlyozatlanság fajtái, legfontosabb jellemzői
- Szabványok
- Vektoros kiegyensúlyozás
- Kiegyensúlyozás előkészületei
- Kiegyensúlyozás kivitelezése
- DCA-20 Balance szoftver ismertetése





# Kiegyensúlyozás

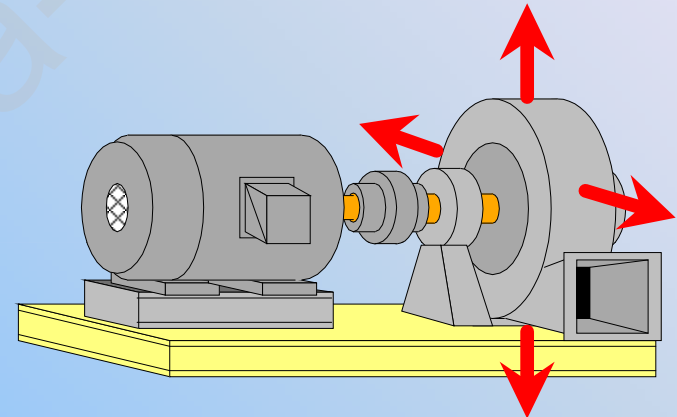
A forgó gépek nem megfelelő üzemelési állapotának egyik leggyakoribb oka a **kiegyensúlyozatlanság**.

## Eredete:

- Tudatos tervezés
- Gyártási, szerelési, működési hibák

Kiegyensúlyozatlanság = a forgórész tömegelrendezésének hibás állapota

Fajtái: statikus-, páros-, dinamikus-kiegyensúlyozatlanság



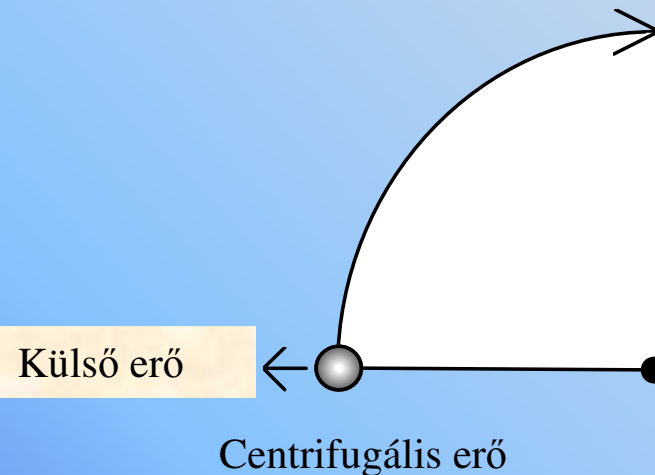


# Kiegyensúlyozás

Kiegyensúlyozatlanság: a forgási tengely nem felel meg a tömeg tengelyének.

Csapágyra ható centrifugális erő 1X forgási frekvencián

$$F = \frac{W}{g} r \omega^2$$





## Kiegyensúlyozás okai

Általános géphibák, melyek kiegyensúlyozatlanságot okoznak:

- Lerakódott szennyeződés a forgórészen,
- Öntési hibák (gázbuborékok, zárványok, porózus szerkezet),
- Forgórész excentricitás,
- Hengermeghajlás (papíripari gépek),
- Szerelési hibák,
- Villamos motorok forgórészeinek egyenetlen tömegeloszlása vagy elhajlása
- Eróziós és korróziós hatások (szivattyú lapátkerekek),
- Hiányzó kiegyensúlyozó tömegek,
- Hajlott tengely.

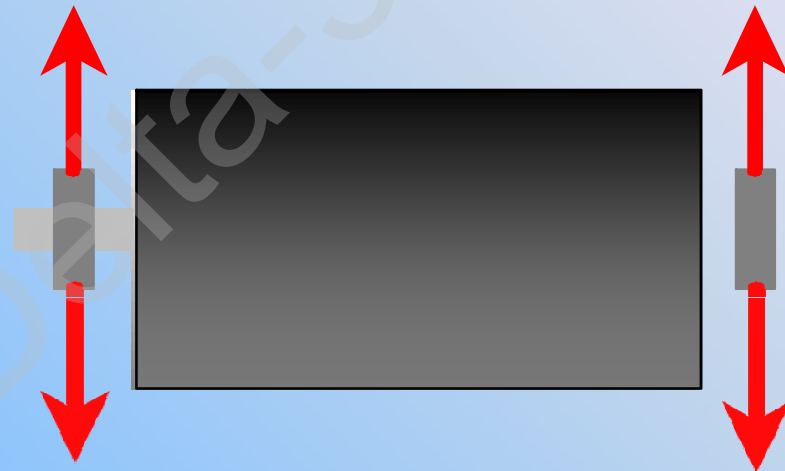




# Kiegyensúlyozás

Kiegyensúlyozatlanság fajtái és legfontosabb jellemzői:

**Az ideális állapot:**



Tehetlenségi  
főtengely

Geometriai  
főtengely





# Kiegyensúlyozás

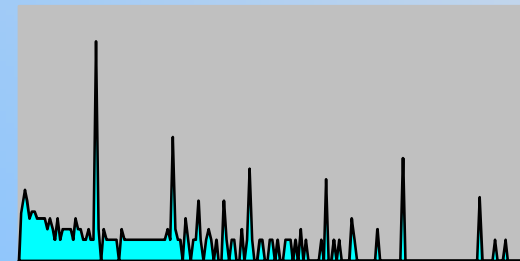
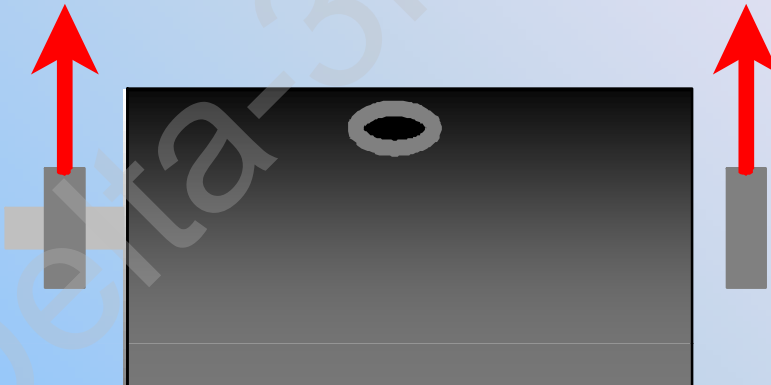
Kiegyensúlyozatlanság fajtái és legfontosabb jellemzői:

## Statikus kiegyensúlyozatlanság:

Centrifugális erő:

$$F_c = m \cdot e \cdot \omega^2 \quad [\text{N}]$$

Radiális és tangenciális



Tehetetlenségi főtengetly

Geometriai főtengetly

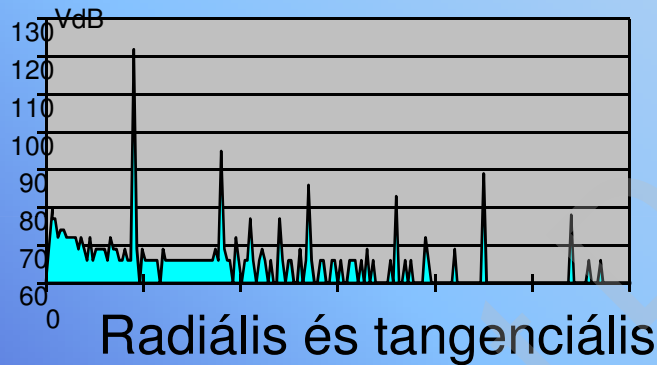




# Kiegyensúlyozás

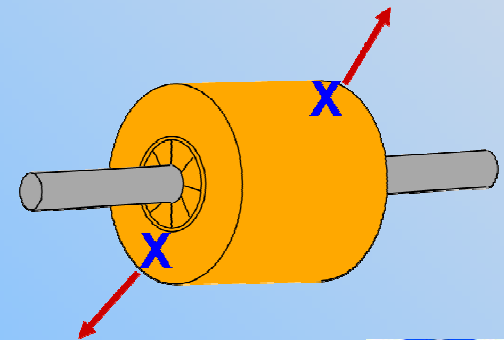
Kiegyensúlyozatlanság fajtái és legfontosabb jellemzői:

**Páros kiegyensúlyozatlanság:**



Tehetetlenségi  
főtengely

Geometriai  
főtengely



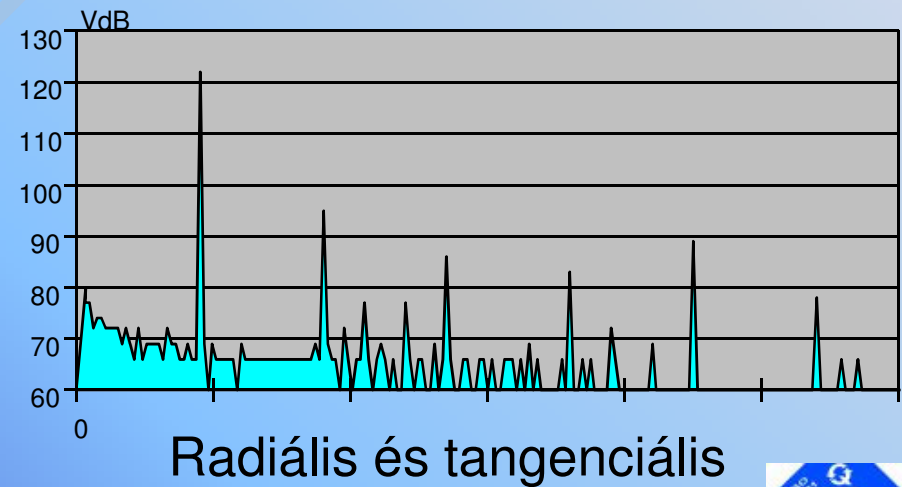


# Kiegyensúlyozás

Kiegyensúlyozatlanság fajtái és legfontosabb jellemzői:

## Dinamikus kiegyensúlyozatlanság:

- A forgástengely, és a szabad tengely a súlyponton kívül metszi egymás, vagy kitérők.
- A kiegyensúlyozottságot okozó tömegek nem egyformák, és nem 180 fokra helyezkednek el egymásról.





# Kiegyensúlyozás

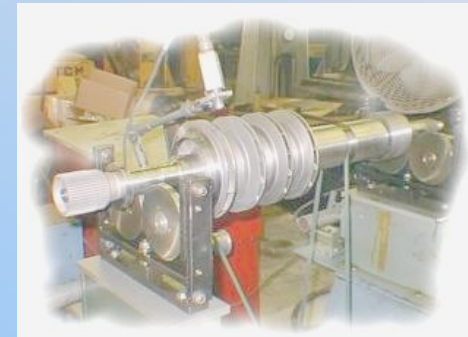
Kiegyensúlyozás: Az a tevékenység, melynek során a forgórész tömegeloszlását úgy változtatjuk meg, hogy annak szabad tengelye adott értéknél kevesebbrel térjen el forgástengelyétől.

- Tömeg elhelyezés
- Tömeg eltávolítás



## Célok:

- Gép élettartamának növelése
- Rezgések csökkentése
- Javítások közti idő növelése
- Energia fogyasztás csökkentése





Minős. fok	Vs, meg (mm/s)	Forgórészek, gépek
G 4000	4000	Lassan forgó, páratlan hengerszámú, stabil hajó Diesel motor forgattyús hajtóművei
G 1600	1600	Stabil, nagy kétütemű motorok forgattyús hajtóművei
G 630	630	Stabil, nagy négyütemű motorok, rugalmasan szerelt hajó Diesel motorok forgattyús hajtóművei
G 250	250	Stabil, gyors négyhengeres motorok forgattyús hajtóművei
G 100	100	Hat vagy több hengeres gyors Diesel motorok forgattyús hajtóművei, komplett autó, teherautó és mozdony motorok (dízel és benzines)
G 40	40	Autókerekek, keréktárcsák, csoportkerekek, csuklóstengelyek. Rugalmasan szerelt, gyors, hat vagy több hengeres négyütemű motorok forgattyús hajtóművei Autók, teherautók és mozdonyok hajtóművei
G 16	16	Csuklós tengelyek (propeller tengely, kardán) különleges követelményekkel. Aprítógépek, mezőgazdasági gépek alkatrészei. Személy- és tehergk-ik, mozdonyok egyes alkatrészei Hat vagy több hengeres motorok forgattyús hajtóművei különleges követelményekkel
G 6.3	6.3	Gyártástechnológiai készülékek alkatrészei, centrifuga dobok, papíripari hengerek, nyomdai hengerek, ventilátorok, repülőgép gázturbina forgórészek, lendkerekek, szivattyúlapátok, szerszámgépek és ált. gépipari alkatrészek, Közepes és nagy villamos motorok forgórészei, Kis, tömeggyártású villamos motorok rezgésérős környezetben vagy rezgésszigetelt szereléssel, Különleges követelményű robbanómotorok alkatrészei.
G 2.5	2.5	Gáz- és gőzturbinák, turbógenerátorok, sugárhajtóművek, szerszámgépek, Közepes és nagy motorok forgórészei különleges követelményekkel, kismotorok forgórészei
G 1	1	Kismotorok forgórészei különleges követelményekkel, köszörűgépek, magnetofon hajtások
G 0.4	0.4	precíziós köszörűgépek alkatrészei, giroszkópok



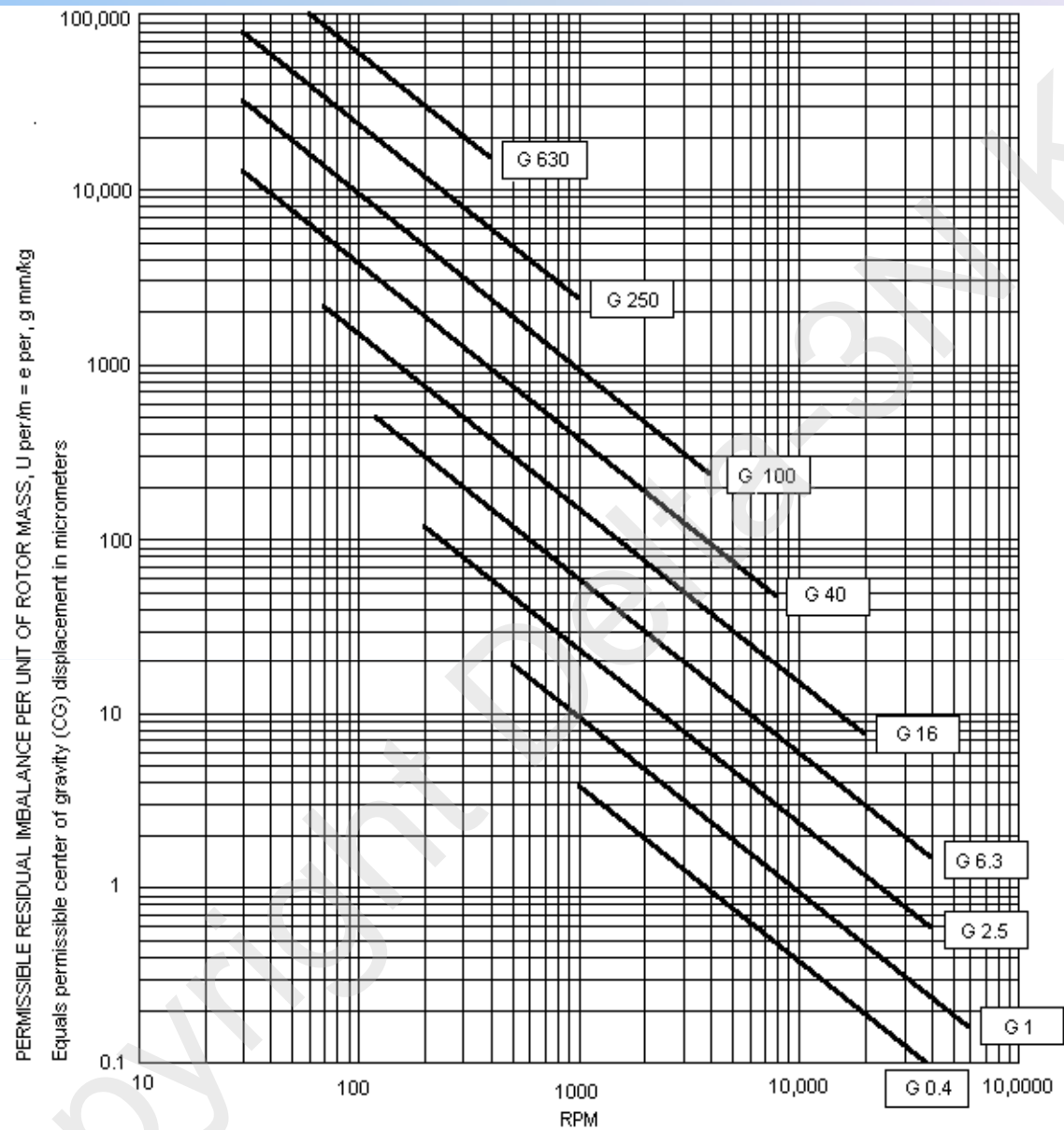


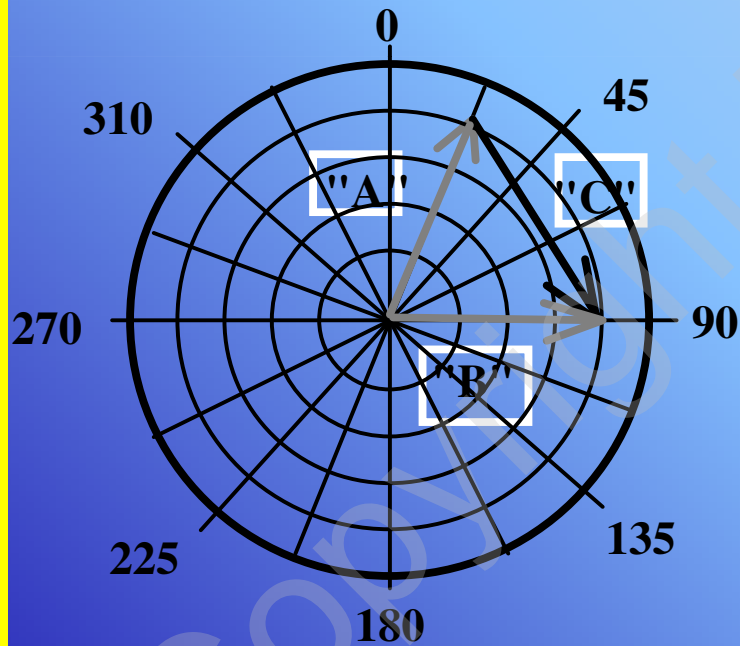
FIG. 1. Maximum permissible residual specific unbalance value (in micrometers) corresponding to various balance quality grades G.





# Kiegyensúlyozás

## Vektoros kiegyensúlyozás





# Kiegyensúlyozás

## Vektoros kiegyensúlyozás:

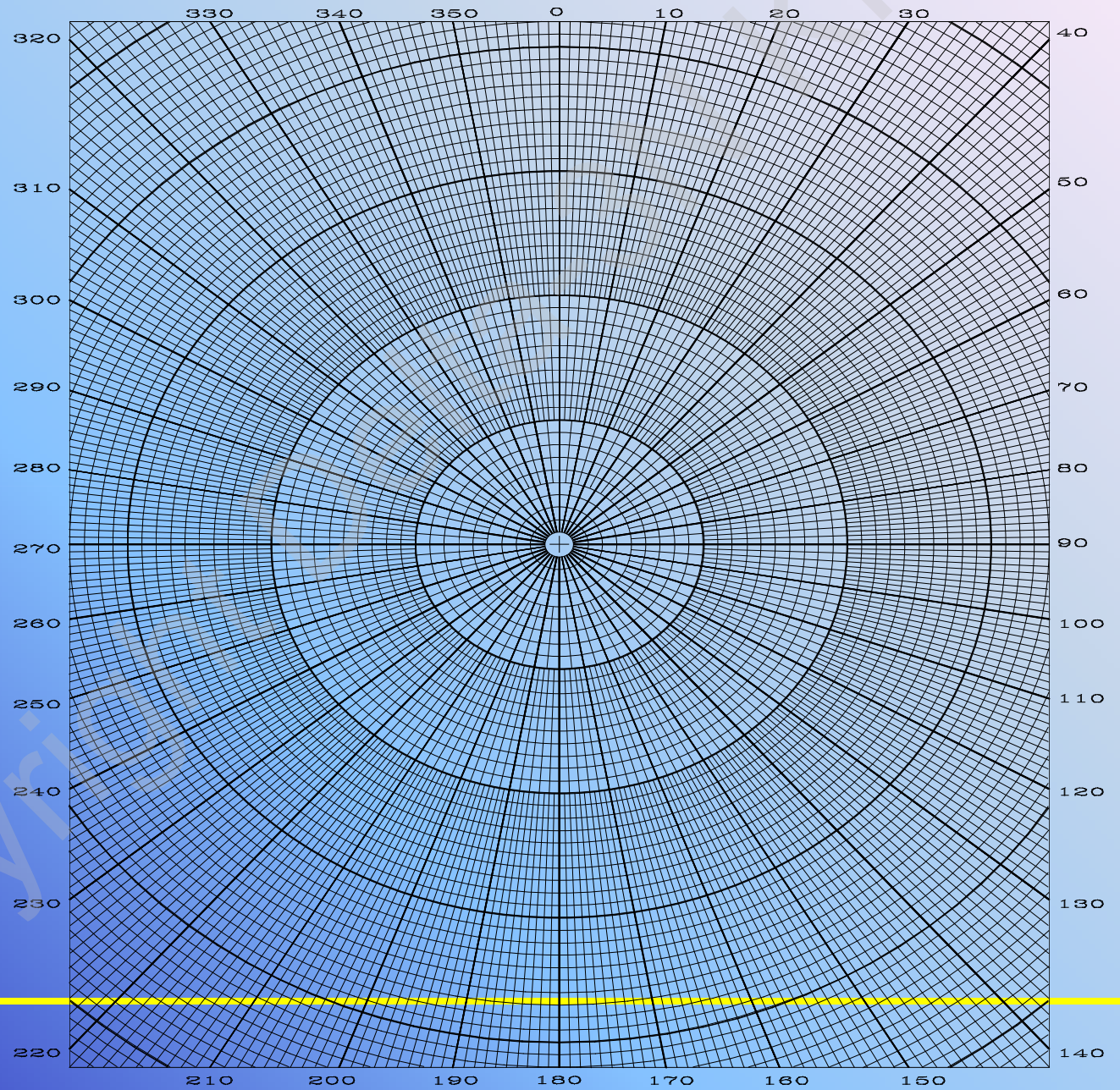
- Vektor módszer közvetlenül alkalmazható a kiegyensúlyozásnál
- A kiegyensúlyozáshoz egy 4-lépéses eljárást kell elvégezni
  1. Gép kezdeti futása, a vektor meghatározása
  2. Ismert próbasúly adott helyre történő felrakása után a második járatás, és a vektor meghatározása
  3. Korrekció mértékének, és helyének kiszámítása vektorműveletekkel, az előző két mérés alapján
  4. A fenti lépések ellenőrzéseként egy végső járatás, látható a korrekció eredményessége





# Kiegyensúlyozás

Vektoros  
kiegyensúlyozás:





# Kiegyensúlyozás

## Próba súly:

- Túl könnyű: a kiegyensúlyozatlanság nem változik
- Túl nehéz: a hozzáadott próbasúly sérülést okozhat
- A próba súly hozzávetőleges meghatározása
- A próbasúly által előidézett erőhatás a forgórész 10%-a

## **Rotor tömegének becslése:**

A forgórész tömegének közelítő becslésére tapasztalatok alapján a legjobb meghatározás (acél forgórészek esetén):

$$\text{Hosszúság} \times (\text{Átmérő} / 2)^2 \times 0,892 = \text{Tömeg}$$

Alumínium forgórész esetén a szorzótényező 0,314.





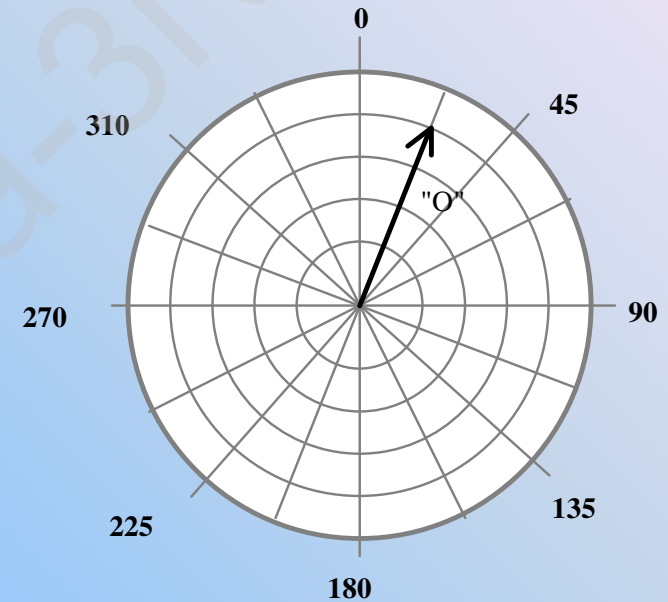
# Kiegyensúlyozás

## Vektoros kiegyensúlyozás lépései:

### Eredeti Futás

- Mielőtt a próbasúlyt feltennénk a forgórészre, az eredeti futás mérést kell elvégezni
- A rezgés mértékét, és a referencia szögét meghatározzuk a kördiagramon
- Vektor berajzolása a diagramba
- Jelöljük „O”-val, mint ORIGINAL

P1.: ORIGINAL vektor =  $4 \angle 22,5^\circ$





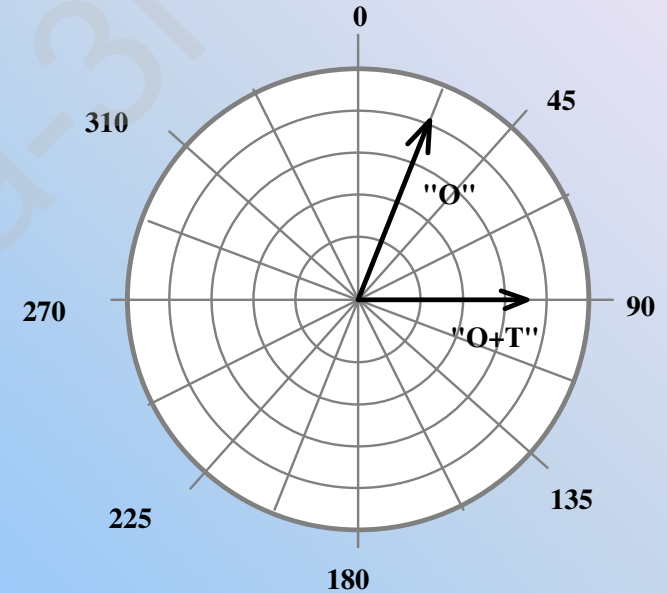
# Kiegyensúlyozás

## Vektoros kiegyensúlyozás lépései:

### Próbasúlyos Futás

- A próbasúlyt most helyezzük fel a forgórészre
- A próbasúly hozzáadásával egy új vektort kapunk
- A vektort ORIGINAL+TRIAL WT vektornak nevezzük
- Rajzoljuk be a diagramba
- Jelöljük „O+T”-vel

ORIGINAL+TRIAL vector = 3,5  $\angle$  90°



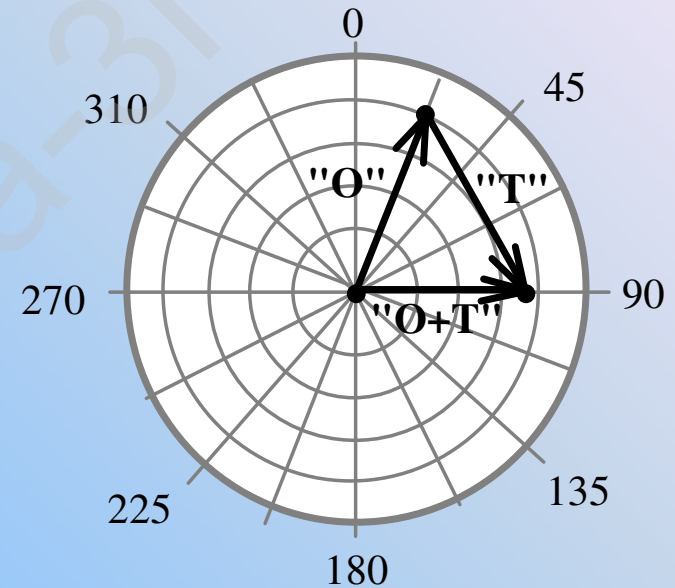


# Kiegyensúlyozás

## Vektoros kiegyensúlyozás lépései:

### „T” Vektor Meghatározása

- Egy vonalat húzzunk az „O” vektor csúcsából az „O+T” vektorhoz. Ez lesz a „T” vektor
- A „T” vektor mutatja a kiegyensúlyozatlanságot, melyet a próba súly okoz
- A berajzolt „T” vektor mutatja a kiegyensúlyozatlanság eltolódását „O”-ból „O+T”-be





# Kiegyensúlyozás

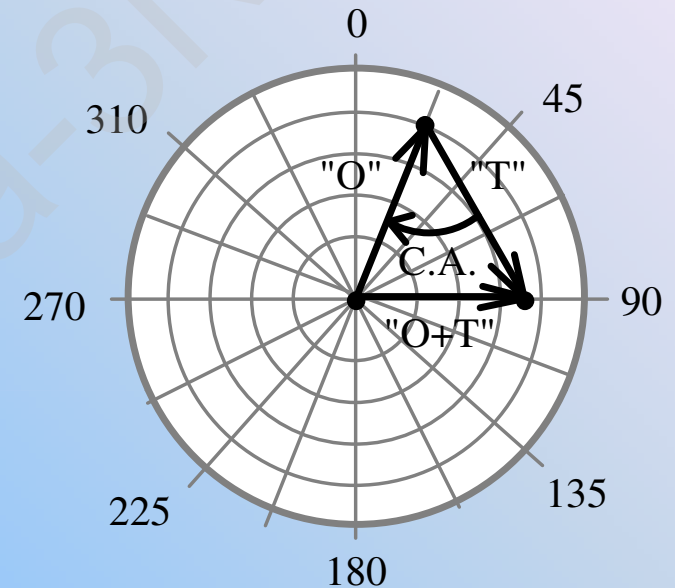
## Vektoros kiegyensúlyozás:

### Korrekció szöge

- A próbasúlyt úgy kell elhelyezni, hogy a „T” vektor a diagram közepébe mutasson
- Tehát törlődik az eredeti kiegyensúlyozási vektor
- A korrekciós szög (C.A.) a „T” és „O” vektor közötti szög

Használjunk szögmérőt az „O” és „T” vektorok közötti szög meghatározásához. A korrekciós szög mutatja, hogy mekkora próbasúlyt kell felhelyezni úgy, hogy a „T” vektor kiegyenlítse az „O”-t.

Pl.: a korrekciós szög közel  $52^\circ$





# Kiegyensúlyozás

## Vektoros kiegyensúlyozás:

### Próba Súly Felhelyezése

- A korrekciós tömeg helye példánkban  $52^{\circ}$ , eltér a próbatömegtől, de milyen irányban?
- Az eredeti kiegyensúlyozatlanság megszüntetése úgy lehetséges, hogy az ellentétes oldalra megfelelő méretű tömeget helyezünk el.
- Az eredeti mért kiegyensúlyozatlanság helye  $22,5^{\circ}$
- A tömeg hozzáadásával a nagyobb kiegyensúlyozatlanság hatását mérjük, és  $90^{\circ}$ -nál berajzoljuk
- Végül, a valódi tömeg vektort úgy kapjuk meg, ha vektorosan kivonjuk az ORIGINAL vektort a TRIAL+ORIGINAL vektorból.



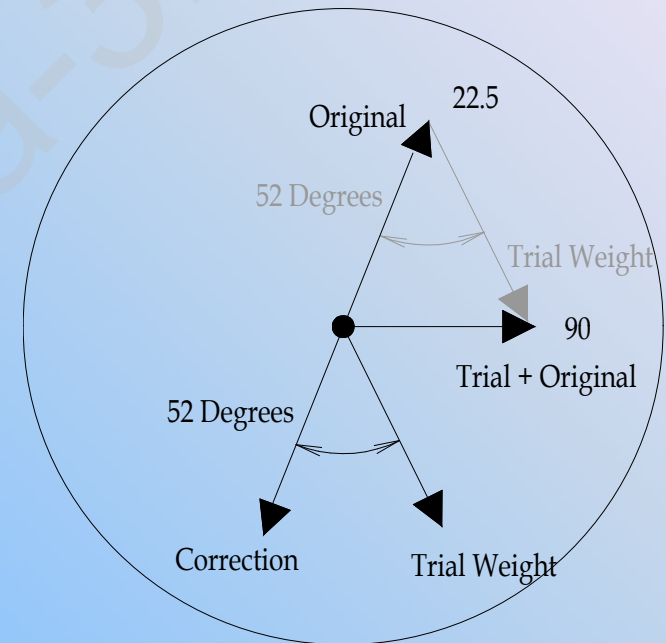


# Kiegyensúlyozás

## Vektoros kiegyensúlyozás:

### Próba Súly Felhelyezése

- A próba vektor vonala az ORIGINAL vektor csúcsától az ORIGINAL+TRIAL vektor végpontjáiig tart
- A valóságban, a tényleges „T” vektor a start pontból indul
- A tömeget  $52^0$ -ra helyezzük el, akkor nullázódik az eredeti kiegyensúlyozatlanság



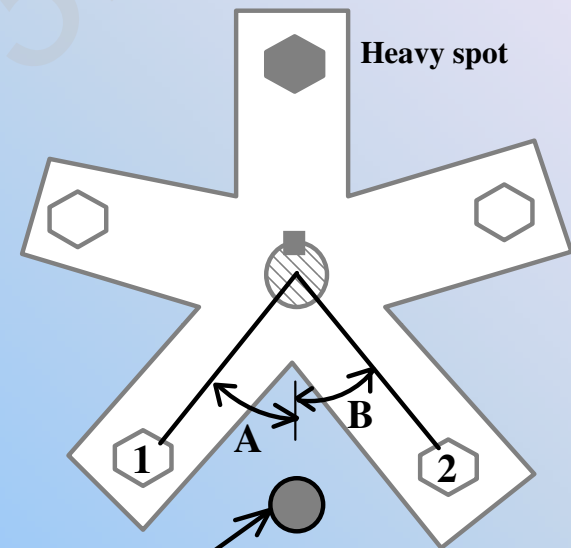


# Kiegyensúlyozás

## Vektoros kiegyensúlyozás:

### Súly Felbontása

- Néha lehetetlen meghatározni a kiegyensúlyozatlanság pontos helyét, a számítások alapján
- Néha a súlyt több megfelelő összetevőre kell felbontani, hogy pontosan megszüntethető legyen a kiegyensúlyozatlanság
- A korrekciós súlyt ketté lehet osztani ugyanabban a síkban, így javítva a kiegyensúlyozatlanságot



Weight needs to be added here, but this is impossible!

Weight can be added to bolts 1&2 instead.





# Kiegyensúlyozás

## Vektoros kiegyensúlyozás:

### Súly Felbontása

A felbontott súlyok mennyiségének kiszámítása:  $R_0 * M_0 = \left( \frac{R_1 * M_1}{\cos \alpha} \right) + \left( \frac{R_2 * M_2}{\cos \beta} \right)$

$R_0$  = A korrekciós súly sugara

$M_0$  = A korrekciós súly mennyisége

$R_1$  = Az első bontott súly rádiusza

$M_1$  = Az első bontott súly mennyisége

$R_2$  = A második bontott súly rádiusza

$M_2$  = A második bontott súly mennyisége

$\alpha$  = Az eredeti korrekció és a bontott 1 súly közti szög

$\beta$  = Az eredeti korrekció és a bontott 2 súly közti szög

$$R_1 * M_1 = R_0 * M_0 \cos \alpha$$

$$R_2 * M_2 = R_0 * M_0 \cos \beta$$





# Kiegyensúlyozás

## A kiegyensúlyozási eljárás





# Kiegyensúlyozás

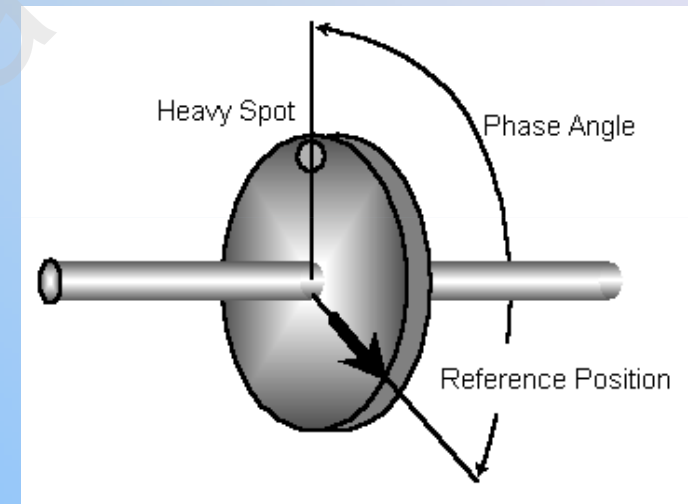
## Kiegyensúlyozási eljárás tárgyalása

### Egy síkban történő kiegyensúlyozás

#### 1. LÉPÉS:

#### Kezdő mérés elvégzése

- nagyságrend,
- fázisszög





# Kiegyensúlyozás

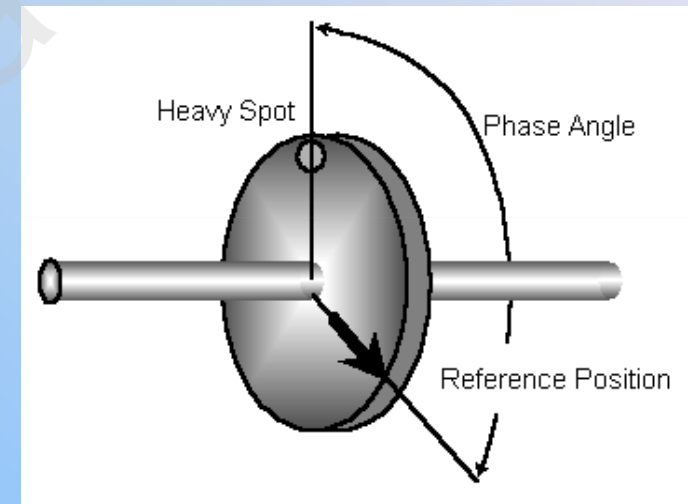
## Kiegyensúlyozási eljárás tárgyalása

### Egy síkban történő kiegyensúlyozás

#### 2. LÉPÉS:

#### Próba járatás elvégzése

- próba tömeg
- rezgés amplitúdó (15%),  
fázisszög változás (30 fok)





# Kiegyensúlyozás

Kiegyensúlyozási eljárás tárgyalása:

## Többsíkú kiegyensúlyozás

- Kiegyensúlyozó síkok számának meghatározása
- Eredeti futás mindkét síkra
- Próbasúly síkonként
- Kiegyenlítő kiegyensúlyozás



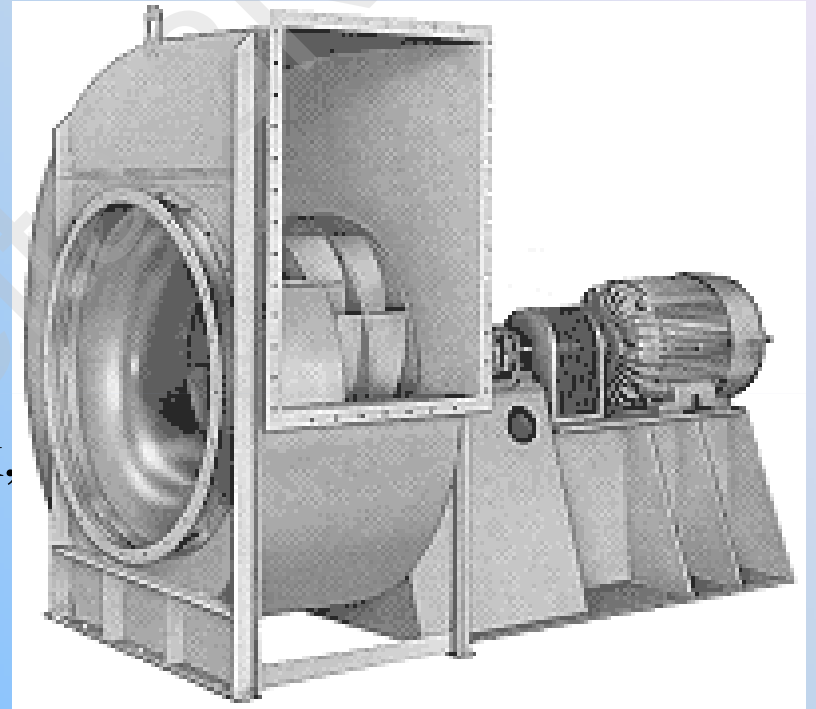


# Kiegyensúlyozás

## A gép előkészítése

Első lépések:

- Gép megbontása
- Forgó részek ellenőrzése
  - szennyeződések,
  - idegen testek,
  - lazulás,
  - törött részek,
- Lerakódott szennyeződések tisztítása
- Szükséges javítások elvégzése

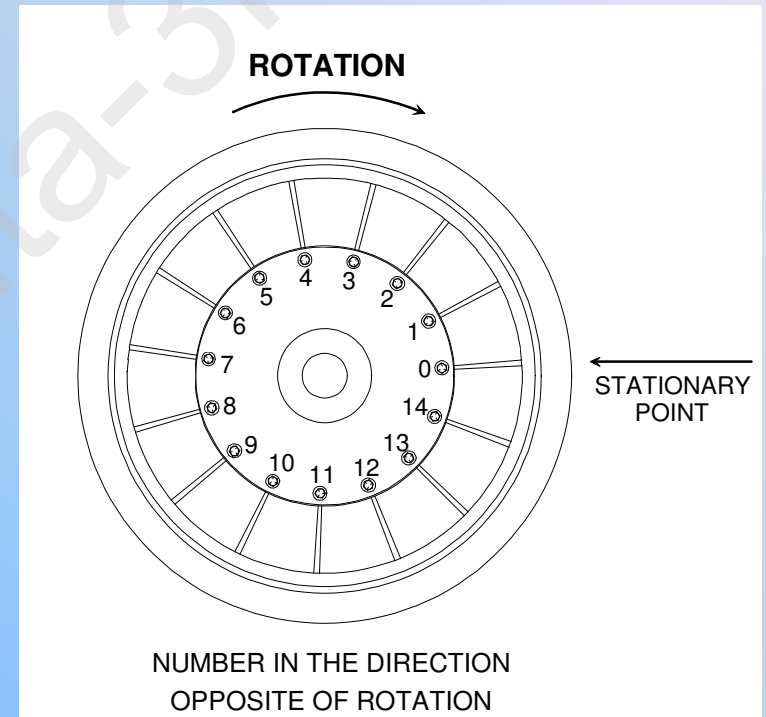




# Kiegyensúlyozás

## Súly helyek meghatározása

- Helyek megjelölése (filctoll, kréta, stb)
- Helyek számozása
- Forgásirány figyelembevétele

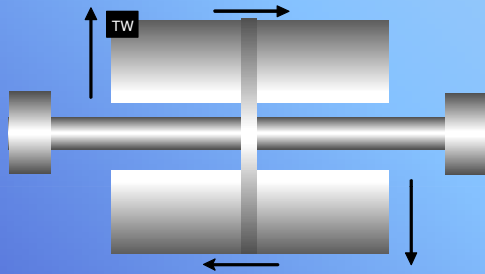




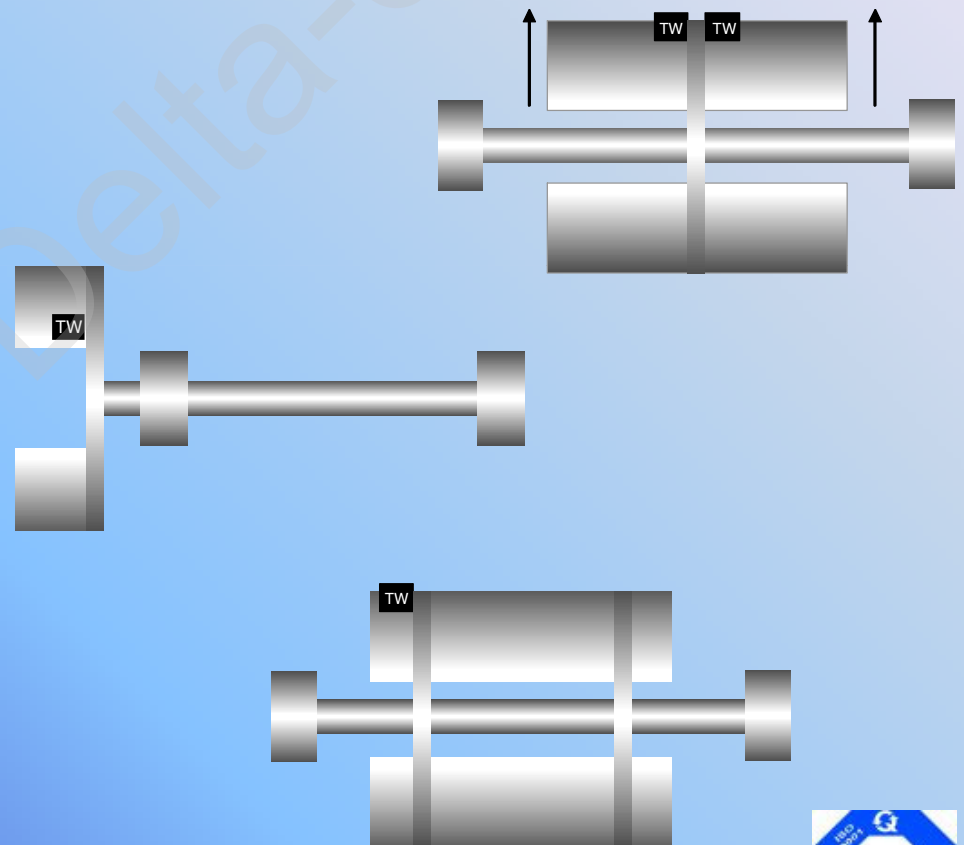
# Kiegyensúlyozás

## Súly helyek meghatározása

Helytelen:



Helyes:

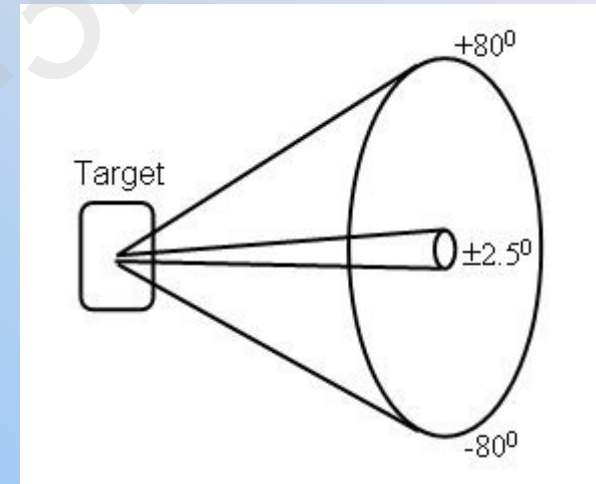




# Kiegyensúlyozás

## Tachométer installálása

- Céltól való távolság: 15-30cm
- BIZTONSÁG!
- Fényvisszaverő szalag elhelyezése





# Kiegyensúlyozás

**Folyt. Köv.**





## DCX Balance szoftver

DLI Watchman® AQ204™ and DCX™

# Multiplane Balance™

Multi-plane / Multi-speed Balancing System  
for Windows® 98 / 2000

270°

O+T

T

**PREDICT DLI**

© Copyright 1999-2000 - PREDICT/DLI - All rights reserved





## DCX Balance szoftver

- DCX adatgyűjtő műszer

Rezgés-érzékelő

- Kiegyensúlyozás elemei

DCX Multiplane Balance szoftver

Infravörös tachométer (kábelrel, betáppal)

Fényvisszaverő szalag (fekete festék, vagy fényes festék)





DCX Multiplane Balance

File Edit Calc Options Help

Save New Clone Job Edit Delete Print Report Options Help

Job / Machine Sensor / Units Run / Monitor Weights Readings Plot

New Two Plane Test 2

Pickups

Number of Pickups

Name

1. [A] Location

2. [A] Location

Speeds

Number: 1

Target RPM

[A] 1755.0

Please enter new Job / Machine name

Name

[A]

OK Cancel

Start | e | Balance | DCX Multiplane Bala... | 1:58 PM





**DCX Multiplane Balance**

File Edit Calc Options Help

Save New Clone Job Edit Delete Print Report Options Help

Job / Machine **Sensor / Units** Run / Monitor Weights Readings Plot

**Sensor**

Sensor Type: Accelerometer

Sensitivity: 100 mV/EU

Sensitivity Units: g

Sensor Power: On

HP Filter (10 Hz): On

**Units**

Display Units: mils Peak-Peak

Weight Units: gms

Phase angle measurements: Opposite direction of rotation

Start | Internet Explorer | Outlook | Balance | DCX Mul... | untitled - P... | 2:00 PM





### DCX Multiplane Balance

File Run Calc Options Help

Select Colors Start Pause Resume Capture Abort Print Report Options Help

Job / Machine Sensor / Units **Run / Monitor** Weights Readings Plot

Source of readings  
**Original Run**  
Target RPM: 1755.0  
Location 1  
Select

Readings  
Instantaneous List size limit: 50

Sample #	RPM	Phase	Magnitude
5	1753.1	319.86	4.090
6	1752.7	319.65	4.067
7	1752.1	319.62	4.087
8	1752.0	319.87	4.101
9	1752.2	319.33	4.285

Running Average  
9 1752.8 319.54 4.092  
Sample size RPM degrees mils Peak-Peak

Vectors:  
Current  
Previous  
Average

Radius: 4.881

Fresh Start Pause Resume Capture Abort

Start | e | Balance | DCX Mul... | untitled - P... | 9:35 AM





DCX Multiplane Balance

File Calc Options Help

Save Colors Balance Split Combine Print Report Options Help

Job / Machine Sensor / Units Run / Monitor **Weights** Readings Plot

Weight Planes

- 1. Plane 1
- 2. Plane 2

Trial Weights

	gms	degrees
1.	<input type="text" value="10.00"/>	<input type="text" value="90.00"/>
2.	<input type="text" value="10.00"/>	<input type="text" value="90.00"/>

Save

Calculate Balance or Trim Correction Weights

Data source:

Calculated weights are to be added to the machine in the condition it was in at the time of the data source run. Therefore, for "Original run" calculations, trial weights are presumed to have been removed. If not, use the 'Combine Weights' calculator to subtract them from the calculated weights.

Correction Weights

	gms	degrees
1.	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>
2.	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>

Calculate

For:

Start | e | untitled - Paint | Balance | DCX Multi... | 2:05 PM





DCX Multiplane Balance

File Edit Calc Options Help

Save Edit Colors Balance Split Combine Print Report Options Help

Job / Machine Sensor / Units Run / Monitor **Weights** Readings Plot

Display/Edit Readings from: Original Run Edit

Target RPM	Pickup Location	Actual RPM	Phase	Magnitude mils Peak-Peak	Date and time
1755	Location 1	▲ 1755.5	▲ 276.2	▲ 4.329	1999-12-03 13:47:01
1755	Location 2	▲ 1754.8	▲ 9.1	▲ 4.487	1999-12-03 13:47:55

Save Edits

Start | Internet Explorer | Paint | Balance | DCX Multi... | 2:06 PM





**DCX Multiplane Balance**

File Calc Plot Options Help

Legend Redraw Zoom In Zoom Out Zoom Off Print Plot Print Report Options Help

Job / Machine Sensor / Units Run / Monitor Weights Readings **Plot**

Two Plane Test 2  
Speed 1755 RPM

Location 1  
Location 2

Radius: 5.796 mils Peak-Peak

Plot Contents  
Speed: 1755  
Show Trial Runs   
Pickup Locations:  
 Location 1  
 Location 2

Legend Redraw

Start Balance DCX Mul... untitle - P... 9:38 AM

