VITENSENTERET

17 Wankelmotoren

17.1 Beskrivelse

Bildet under viser hvordan modellen tar seg ut slik den står i utstillingen.

17.2 Oppgaver

Ta tak i den svarte skiva øverst, og drei den rundt.

Hva skjer med motoren?

Kikk også på tegninga av motoren, så ser du hvordan den ser ut inni.

17.3 Experimentarius forteller og forklarer

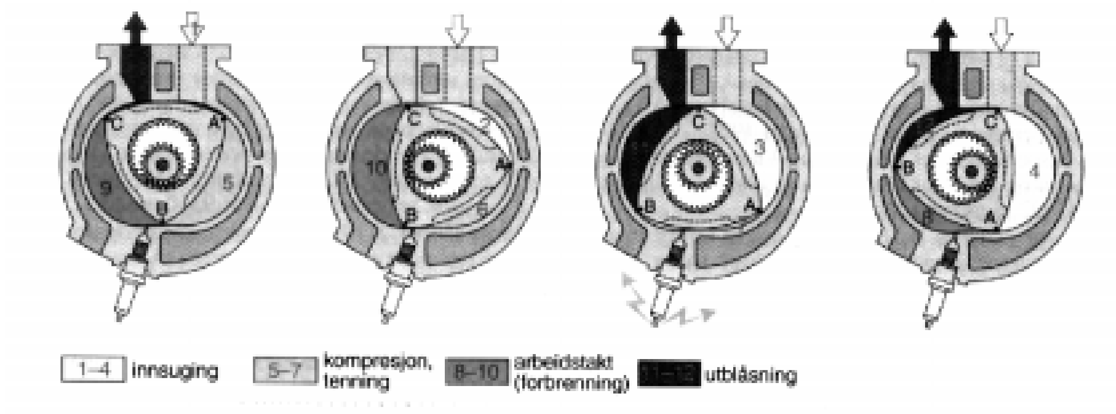
Wankelmotoren har fått navnet sitt etter oppfinneren, som het *Wankel*. Det spesielle med denne motoren er stemplene. På vår modell er stempelet den nesten tre-kantete delen i motoren som går rundt når du dreier på hjulet (veivakselen) øverst. Til forskjell fra andre motor-typer, hvor det er vanlig at stemplene går opp og ned, dreier stemplene i Wankel-motoren rundt akslingen.

De to eneste bilprodusentene som prøvde motoren i personbiler var NSU og Mazda, men den ble aldri noen stor suksess.

Mange har det å skru og "mekke" på motorer som hobby, og opplever dette som artig og avstressende. Kanskje diktet over kan gi deg en følelse av hvordan dette oppleves? Kanskje du har mulighet til å få tak i en gammel motor for å skru litt på selv?

17.4 Utdypet forklaring

Denne spesielle motortypen ble oppfunnet i 1951 - 1954 av den tyske oppfinneren Felix Wankel (1902-1988) da han arbeidet ved det tyske NSU-konsernet. Motoren ble første gang prøvekjørt i 1957. De første motorene av denne typen hadde roterende hus. Senere ble den konvensjonelle Wankelmotoren med stillestående hus utviklet av dr. Froede, en samarbeidspartner ved NSU-konsernet.



Figur 17.1 Utforming og virkemåte for Wankelmotoren

"Rotoren" i en Wankelmotor er et trekantet prisme med buede kanter. Dette triangelet roterer inne i et hulrom som er formet som en "strukket sirkel". Inne i "rotoren" ligger en støtteaksling med tenner. denne holdes i ro når triangelet roterer. Figuren viser hvordan bensingassen suges inn i kammeret på høyre side, for deretter å komprimeres i nedkant. Tilslutt tennes gassen og vi får en eksplosjon som presser "rotoren" rundt. Så gjentas prosessen. Flere slike roterende triangler er så koblet etter hverandre med en felles aksling, som i sin tur er koblet til motorens drivsystem.

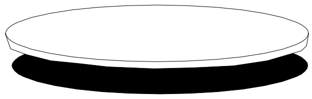
I stedet for å gå dypere inn i Wankelmotorens virkemåte og bruk, skal vi ta en spennende avstikker inn i matematikken for å se om vi kan finne igjen noen matematiske prinsipper som er benyttet i denne motoren.

La oss stille følgende spørsmål: *Hvorfor er kumlokk alltid runde?* La oss så finne ut hva dette spørsmålet har med Wankelmotoren å gjøre.

De runde kumlokkene

Et kumlokk skjuler som regel et hull i fortauet eller gata. Nede i hullet finnes kraner og rør for vann og kloakk. Siden slike innretninger skal ligge frostfritt, må de ligge minst 2 - 3 meter under bakken, som resulterer i at en kum er tilsvarende dyp. Med andre ord; faller en ned i en slik kum, kan en slå seg ganske stygt.

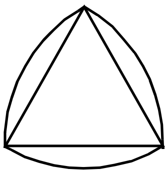
Det er derfor viktig at lokket ligger trygt og godt over hullet. Siden bredden (diameteren) av et rundt kumlokk er den samme uansett hvordan vi snur og vender lokket, vil det aldri kunne dyttes ned i hullet.



Figur 17.2 Et kumlokk er gjerne skrådd litt innover slik at det ligger trygt

Lokket er dessuten litt *kont* i kantene, det er derfor simpelthen umulig å miste lokket ned i kummen. Dette er sannsynligvis en av de viktigste grunnene til at lokket er rundt. Et firkantet lokk vil kunne falle gjennom dersom det slippes diagonalt ned i hullet.

En kan nå spørre seg om det finnes andre former som har de samme egenskapene som det sirkulære kumlokket? Dette var spørsmålet den tyske ingeniøren og matematikeren Franz Reuleaux (1829-1905), stilte seg på midten av forrige århundre.

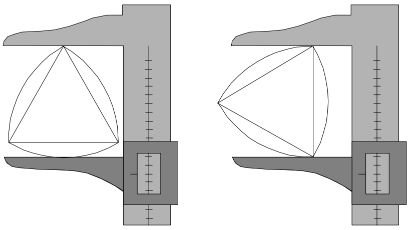


Figur 17.3 Realeaux triangel

Formen eller “lokket” Franz kom fram til var kjent fra før, men han var den første som viste at bredden av denne formen var konstant (se Figur 17.4). Utgangspunktet hans var en likesidet trekant. Ved hjelp av en passer slo han sektorer mellom hjørnene. Sentrum for sirklene var det motstående hjørnet. Denne formen kalles Reuleaux-triangel, oppkalt etter Franz.

La oss se litt på hva det betyr at en geometrisk figur har konstant bredde.

På figuren under har vi tegnet Reuleaux’-triangel, og brukt et skyvelær for å måle bredden. Uansett hvordan vi måler med skyvelæret, vil triangelet passe akkurat inn i gapet til skyvelæret.



Figur 17.4 Et Realeaux-triangel har konstant bredde

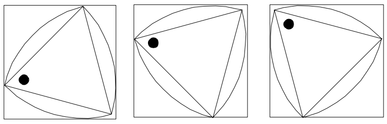
Dersom vi utstyrer to Reuleaux-triangler med en aksling, vil akslingen hoppe opp og ned. Det er kun for sirkulære hjul at akslingen vil være i ro når hjulene triller.

17.5 Bruksområder

La oss så se hva Reuleaux triangelet kan brukes til.

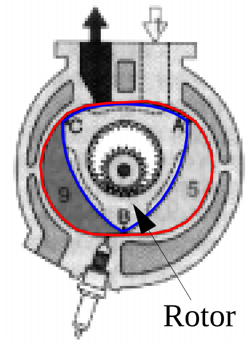
Wankelmotoren

Figuren under viser hvordan et Reuleaux-triangel kan rotere inne i et kvadrat. Akslingen vil dog ikke være i sentrum av kvadratet under rotasjonen. Triangelets hjørner vil omtrent nå helt ut i alle kvadratets hjørner.



Figur 17.5 Reuleaux-triangelet kan rotere inne i et kvadrat

En lignende metode brukes også i Wankelmotoren som vist under.

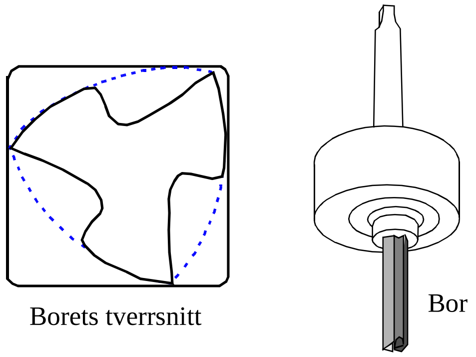


Figur 17.6 Tverrsnitt av Wankelmotoren

“Rotoren” i en Wankelmotor ligner til forveksling et Reuleaux-triangel. Dette triangelet roterer inne i et hulrom som er formet som en “strukket sirkel”. Et Reuleaux triangel er valgt fordi dette har konstant bredde, og vil dermed kunne tette i hjørnene slik at gassen ikke lekker mellom de enkelte “rommene”. Samtidig er kammeret utformet som en “strukket sirkel” for at hulrommene rundt rotoren skal endre volum, slik at innsugning, kompresjon og eksplosjon skal gi den rette rotasjon.

Boring av kvadratiske hull[1]

Anvendelsen av Reuleaux triangel er mangslungen, men få er så bizarre som den ingeniøren *Harry James Watts* oppdaget i 1914. Han benyttet en variant av Reuleaux-triangelet til å lage et bor som boret nær kvadratiske hull!



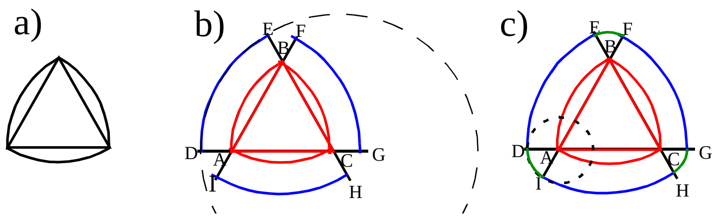
Figur 17.7 Bor for boring av kvadratiske hull

Figuren over viser tverrsnittet på Watts bor. Siden senterpunktet til et slikt bor ikke er i ro under rotasjonen må også boret utføre en eksentrisk bevegelse (står utenfor sentrum). Dette fikk Watts til, ved å lage en bor med en tannhjulskobling som både førte boret i en eksentrisk bane[2], og ga rotasjon. Boret er vist til høyre på figuren over.

17.6 Prosjektoppgaver

1. Tegning av “hjul” med konstant bredde

En kan nå stille spørsmål om Reuleaux’ triangel er den eneste geometriske figuren som har konstant bredde. Før vi svarer på dette spørsmålet, så la oss se nærmere på hvordan Reuleaux’ triangel kan konstrueres.



Figur 17.8 Konstruksjon av Reuleaux’ triangel

Vi forlenger sidekantene hos triangelet ut over selve trekanten (se Figur 17.8 b). Dernest benytter vi en passer til å slå en sirkelbue, FG, med sentrum i A. Videre flyttes passeren til B og sirkelbuen HI slås. Til slutt slås sirkelbuen DE med sentrum i C (se Figur 17.8 b). Alle disse sirkelbuene har lik avstand til hvert sitt hjørne i trekanten. Vi ser at det fortsatt

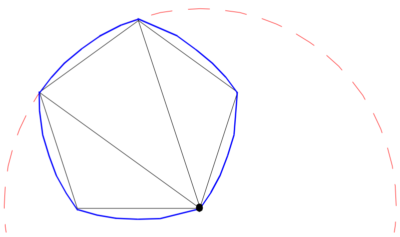
1. Se referanse [58]
2. Dvs boret står litt til siden for rotasjonsaksen til kjoksen på bormaskinen

mangler tre korte sirkelbuer før figuren er sammenhengende. Ved hjelp av passeren slår vi en sirkelbue DI med sentrum i A, en sirkelbue EF med sentrum i B og til slutt buen GH med sentrum i C (se Figur 17.8 c).

Alle punkter langs sirkelbuen FG er like langt fra punktet A, og alle punkter på sirkelbuen DI er like langt fra A, og tilsvarende for de øvrige sikelbuene (se Figur 17.8 c). Dette betyr at bredden på figuren er konstant. Vi har altså klart å konstruere en geometrisk figur med konstant bredde. Størrelsen på figuren kan vi dessuten gjøre så liten eller stor vi vil.

Vi ser med andre ord at det finnes uendelig mange Reuleaux triangellignende former med konstant bredde og med mer eller mindre avrundete hjørner. Alle former av denne typen vil være regulære, dvs at sidene i trekanten vi tar utgangspunkt i er like lange.

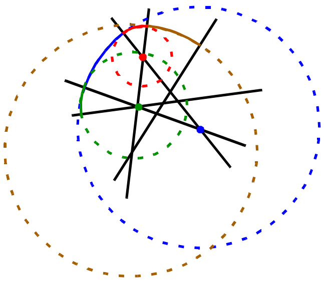
Det er mulig å framstille ikke bare Reuleaux-triangler, men på tilsvarende måte Reuleaux-pentagoner (5-kanter), heptagoner (7-kanter) osv. Dvs regulære (dvs alle sider er like lange) mangekanter med et ulike antall hjørner. Det er også mulig å utforme tverrsnittet av et bor som et heptagon. Når dette boret monteres på en innretning som tillater det å bevege seg eksentrisk, vil det bore hull som er tilnærmet lik et heksagon (6-kant). Se også nettreferanse (1) a).



Figur 17.9 Konstruksjon av “Reuleaux”-pentagoner

Figur 17.9 viser konstruksjon av et “Reuleaux”-pentagoner.

Men det er ikke bare regulære former som lar seg konstruere. Også irregulære[1] former, med konstant bredde, lar seg lett fremstille.



Figur 17.10 Konstruksjon av irregulære former

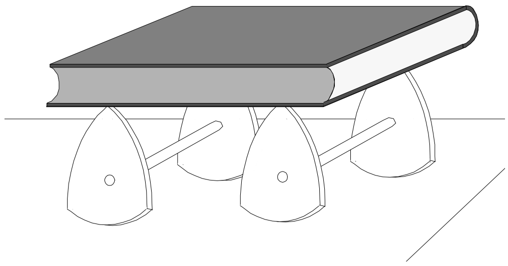
Slike kan konstrueres med utgangspunkt i en samling tilfeldig kryssende linjer. Hvert segment av figuren, tegnes ved å benytte en passer og slå en sirkelbue med sentrum i punktet der linjene som spenner opp segmentet krysser hverandre. På denne måten slås

1. Irregulære former er mangekanter hvor sidene ikke er like lange.

alle sirkelbuene. Den første buen slås med en tilfeldig radius. Alle senere buer tar utgangspunkt i punktet der hvor nabobuen krysser den ene linjen. Dersom en er nøyaktig vil siste bue treffe der første buen begynte.

2. Lag hjul av Reuleaux triangler

Lag fire Reuleaux-triangler i tykk papp (5mm). Stikk hull i midten av hvert av trianglene. Stikk en blomsterpinne gjennom hullene slik at det dannes to "hjulpar". Sett hjulparene på et bord og legg ei bok på de to hjulparene som vist på figuren under.



Figur 17.11 En "vogn" som ruller på hjul laget av Reuleaux-triangler

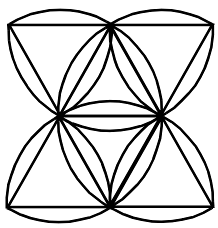
Selv om hjulene er alt annet enn runde, vil boka gli jevnt bortover bordet som om den rullet på vanlige hjul. Dette skyldes at bredden ("diameteren") på Reuleaux-trianglene er konstant.

Hva skjer dersom vi legger boka an mot de to akslingene? For å få til dette må det brukes en smalere bok, slik at boka smetter mellom hjulene.

3. Reuleaux triangelet som grunnlag for ornamenter (mellomtrinnet)

Reuleaux triangelet kan også brukes til å lage fine ornamenter. Dette kan være en fin introduksjon til bruk av passer og lineal i geometrien.

Under er vist et eksempel.



Figur 17.12 Reuleaux-trianglet brukt som utgangspunkt for å tegne ornamenter

La elevene få lov til å fargelegge tegningen. Hva om en to utgangspunkt i et "Reuleaux" heksagon?

4. Noen regneoppgaver (ungdomsskolen og videregående)

En kan knytte en rekke oppgaver til denne merkelige geometriske figuren. Her er et par forslag som passer for ungdomsskole eller vidergående:

- Finn arealet til det enkleste Reuleaux triangelet når avstanden mellom hjørnene er lik 1 meter.
- Finn en formel som uttrykker lengden av omkretsen til det enkleste Reuleaux-triangelet som funksjon av bredden til triangelet.

17.7 Litteratur

En av de mest spennende artiklene knyttet til dette fenomenet finner vi i:

[1] Martin Gardner, “Mathematical games - Curves of constant width, one of which makes it possible to drill square holes”, Scientific American Feb. 1963.

[2] Ron Hipschman and the Exploratorium staff, “Exploratorium Cookbook III - A Construction Manual for Exploratorium Exhibits”, Liberary of Congress Cataloging-in-Publication Data 1993, ISBN 0-943451-38-8 (kan lånes på Universitetsbiblioteket)

Ellers finnes det en rekke spennede referanser på nettet. Her er noen:

[3] Rolling with Reuleaux
http://www.maa.org/mathland/mathland_10_21.html (Ivars Peterson’s MathLand)

[4] Shapes of constant width
http://www.cut-the-knot.com/do_you_know/cwidth.html (Alexander Bogomolny)

[5] Reuleaux Triangle
http://www.astro.virginia.edu/~eww6n/math/reuleauxTriangle.html (Eric W. Weisstein)

[6] Reuleaux Triangle
http://www.nas.com/~kunkel/reuleaux.html (Kunkel)