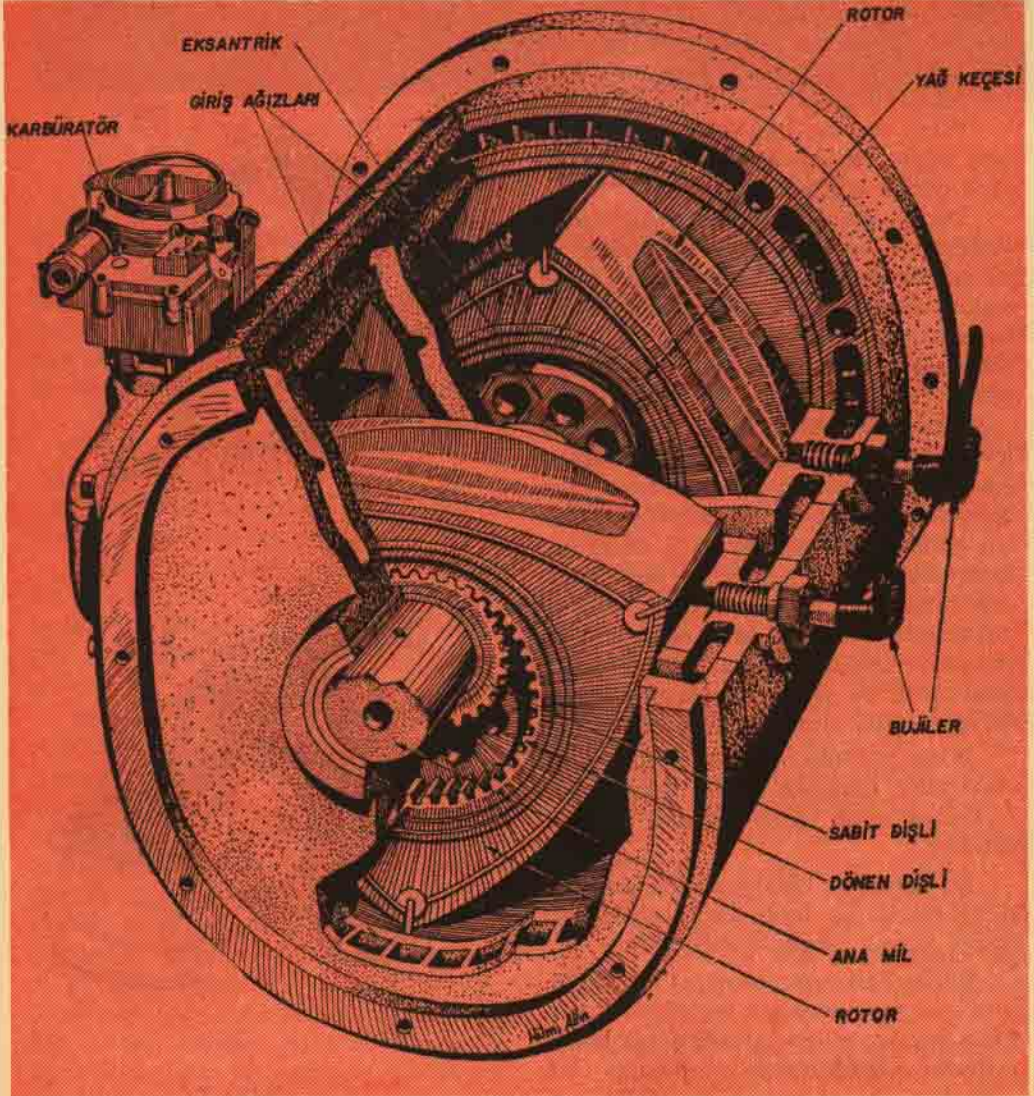


WANKEL MOTORU

- DÖNEL PİSTONLU MOTOR -

Doç. Dr. YAŞAR ÖZDEMİR



Şekil : 1

İki silindirli bir Wankel motoru

Bir motorun dört zamanda tamamlanan iş çevrimini gerçekleştirebilmesi için silindir hacminin değişmesi zorunludur. Bu hacim dört strok esnasında iki defa büyür (emme ve genişleme sonu) ve iki defa küçülür (sıkıştırma ve eksoz sonu). Hacim değişikliğine paralel olarak silindirin dolgununu değiştirmek ve yanan gazları dışarı atmak amacıyla emme ve eksoz supapları da açılır ve kapanırlar.

Normal pistonlu motorlarda hacmi değiştirme görevi piston tarafından yerine getirilir. Piston bu maksatla iki kere üst ölü noktadan aşağıya, iki kere de alt ölü noktadan yukarıya hareket eder.

Fakat hacim değiştirmek için pistonun yalnız öteleme hareketi yapması biricik çözüm değildir.

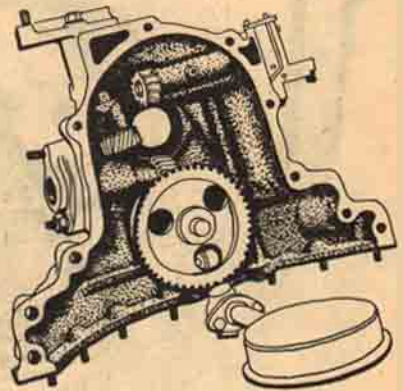
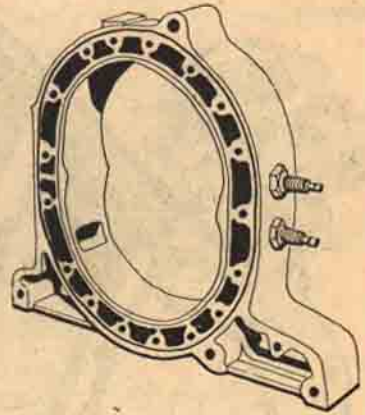
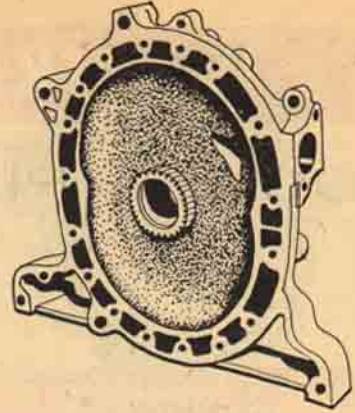
Dönel pistonlu pompalardan, vantilatörlerden ve daha 1903 de Cooley tarafından tasarlanan dönel pistonlu buhar makinalarından anlaşılacağı üzere hacimlerin periyodik olarak büyümesi ve küçülmesi başka metotlarla da gerçekleştirilebilir.

Dönel pistonlarla hacim değiştirerek iç çevremini gerçekleştirme metodunun motora uygulanması sıkıştırmanın yeter derecede olmasına ve soğutma probleminin çözülmesine bağlıdır. Zira dönel pistonlu motorlarda yanma ve taze dolgunun silindire girme süreleri çok kısa olduklarından cidarlar kısa süre ile çok yüksek ve çok düşük sıcaklığa maruz kalacaklar ve bu sebepten ortalama bir sıcaklığın etkisi altında bulunacaklardır.

Dönel pistonlu motorlar ileri geri hareket eden kütlelere malik olmayacaklarından osilasyon yapan kütleleri de olmayacaktır.

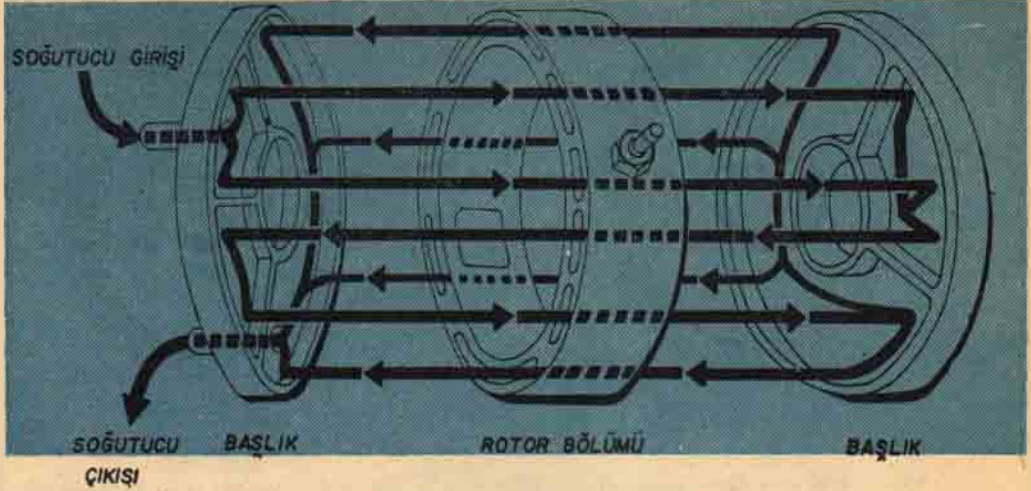
Bu sebepten kütlelerin dengelenmesi kolay olacak ve basit karşı ağırlıklarla egzakt olarak çözümlenebilecektir.

Bütün ileri - geri hareket eden kütleler ve emme ve eksoz organlarının periyodik yay kuvvetleri tamamen yok edilirse bunlara bağlı olarak sınırlanmış olan motor devir sayısı da istenilen şekilde artırılabilir. Bu durumda yalnız yüksek de-



Şekil : 2

Wankel motorunun gövde parçaları



Şekil : 3

Wankel motoru soğutma sistemi

virlerde düşen dolgu verimi devir sayısını sınırlayıcı bir faktör olarak gözükebilirse de şimdiye kadar yapılan araştırmalar bu sınırlayıcı sınırın çok yüksek devirlere inhisar ettiğini ve hattâ aşırı dolgu ile verimin yükseltilebileceğini göstermiştir.

Bu düşüncelerin ışığı altında ilk olarak 1960 yılında Felix WANKEL kendi adını taşıyan dönel pistonlu bir motor geliştirerek piyasaya arz etmiştir.

Şekil (1) bugünkü tekâmül şekliyle iki silindirli bir Wankel motorunu göstermektedir. Motorun gövde parçaları ayrıca şekil (2) de ve soğutma sistemi de şekil (3) de gösterilmiştir.

Wankel motorunda dış görünüş itibarıyla üçgen prizmaya benzeyen bir piston (rotor) kesiti oval bir bisküviyi andıran bir stator (epitroc-hoidesilindir) içerisinde dönmektedir. Bu dönme esnasında pistonun köşeleri daimi surette silindirin cidarı ile temas halinde kalarak (Şekil (4), (5), (6) ve (7) de gösterildiği gibi emme, sıkıştırma, genişleme ve eksoz stroklarını gerçekleştirmektedir.

Bütün bu strokların gerçekleşmesi için gerekli hareket iki hareketli parça tarafından temin edilmektedir. Çeşitli sızdırmazlık elemanları sayılmazsa hareketi sağlayan parçalar, normal motorlardaki

krank milinin yerini alan eksantrik mili ve bu mil üzerinde hareket eden üçgen profilli pistondan ibarettir.

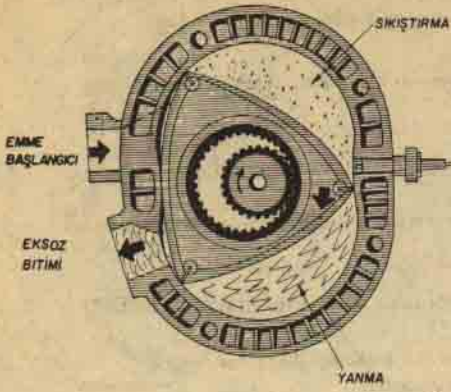
Piston merkezi (ağırlık merkezi) eksantrik yarı çapı (krank yarı çapı) ile düzgün dairesel hareket yapmaktadır.

Bu esnada üçgen profilli piston da eksantrik disk üzerinde düzgün olarak dönmektedir. Pistonun içerisine diş açılmış olup, bu dişli çark pataklanmış sabit bir dişli (güneş dişli) etrafında dönerek pistonun planet dişli çark sistemine göre eksantrik mil etrafında hareket etmesini sağlamış olur.

Planet sistemin bir noktasının mesele pistonun köşesinin katettiği yörünge epitrochoide (episikloid veya yuvarlanma eğrisi) adını alır. Güneş dişlisi ile pistonun içerisine açılan hareketli dişli çark arasındaki 2/3 oranındaki bir tahvil oranı sayesinde yörünge uzunluğuna bir oval olması sağlanmış olur.

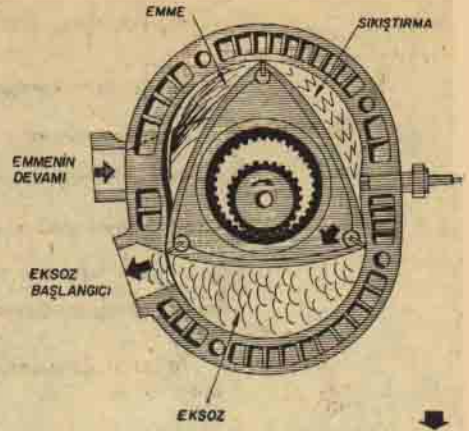
Bu oval büsküvi şeklinde basık ve kapalı bir eğri olup, eksantrik merkezi kendi etrafında üç kere döndüğünde pistonun bir köşesi de bu oval yörüngeyi bir kere kat eder. Pistonun her üç köşesi bu yörüngeyi aynı şekilde katederler.

İşte bu yörünge silindirin iç cidarını teşkil eder ve özel âletlerle forma uygun olarak işlemeyi gerektirir.



Şekil : 4

Wankel motorunda emme başlangıcı



Şekil : 5

Wankel motorunda eksoz başlangıcı

Isı tesiri ile silindir cidarının düzgünlüğünü kaybetmesi sonucu prizmatik piston köşeleri ile silindir cidarı arasında husule gelecek çevresel boşluklar özel metal sızdırmazlık keçeleri ile telâfi edilir (Şekil : 8).

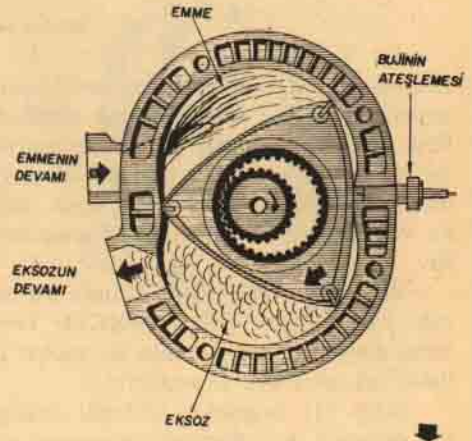
Keçeler hafif bir yay kuvveti vasıtası ile dışarı doğru bastırılmış vaziyettedirler.

Hareket halindeki motorda, keçelere ek olarak, merkezkaç kuvvet ile keçelerin oturduğu yuvaların içerisinde husule gelen basınç da sızdırmazlığı sağlamada yardımcı olurlar.

Pistonların alın yüzeylerinde de keçeler mevcut olup, bunlar silindir kapakları yönünde sızdırmazlığı temin ederler. Bütün bu keçeler Wankel motorlarında silindir cidarı ile olan teması hiçbir şekilde kaybetmezler.

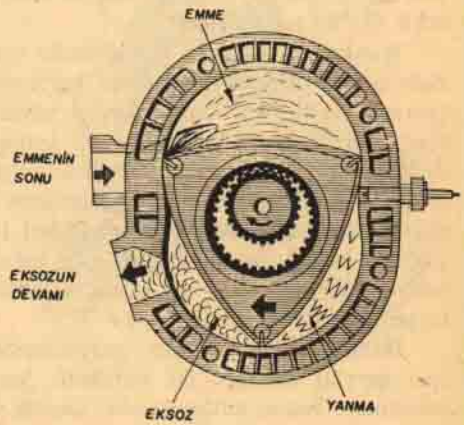
Bilhassa piston köşelerinde uygulanan ve başarı kazanan konstrüksiyon şekli çok ilginçtir. Bu köşelerde her zaman üç keçe ucu, mümkün mertebe hiçbir hava boşluğu teşkil etmeyecek şekilde bir araya gelirler.

Keçeler silindir cidarına bütün genişlikleri boyunca temas etmekte kalmayıp aynı zamanda açısız konumlarını da periyodik titreşerek değiştirirler. Wankel tarafından bile aşınma ve sızdırmazlık yönünden zararlı görülmesine rağmen, bu durum kendisini şimdiye kadar izah edilemeyen bir sebeple, faydalı olarak gös-



Şekil : 6

Wankel motorunda bujinin ateşlemesi



Şekil : 7

Wankel motorunda emme sonu ve yanma

termiştir. Dönel pistonlu motorlarda keçeler sızdırmazlık yönünden normal pistonlardaki segmanların ödevini tam manâsıyla görmekle beraber sürtünme kayıpları bakımından segmanlardan daha iyi bir durumda değİldirler.

Keçelerin sebep olduğu sürtme kaybı endike gücüm % 10 u mertebesindedir. Bu sebepten bazı müellifler keçe konulmamasını ve sızdırmazlığın hareket halindeki motorda merkezkaç kuvvet tesiriyle sağlanmasını ileri sürmektedirler.

Wankel motorlarının normal motorlara benzeyen bir diğer tarafı da bu motorların da karbüratör, buji v.s. diğer elemanlara malik olmasıdır.

Yalnız yanmanın temini için buji alevinin silindirin içerisine nüfuz etmesine pek lüzum yoktur. Yanma için bujinin çalışması kâfidir.

Emme ve eksoz piston kenarları tarafından açılıp kapanan giriş ağızları üzerinden gerçekleşir. Hem emme, hem de eksoz yüksek devir sayısına rağmen tam bir mükemmellikle cereyan eder.

Prizmatik pistonun dış yüzeyleri konveks silindirik yüzeylerdir. Bu yüzeyler epitrochoide silindir içerisinde hiçbir surette sıkışmayacak şekilde biçimlendirilmişlerdir. Sıkıştırma oranı bombeli piston yüzeylerine açılan yarıkların büyüklüğüne bağlı olarak ayarlanmıştır.

Piston eksantrik mili içerisinde ekşenel olarak dolaştırılan yağla soğutulur (Şekil : 9). Pistonun dış yüzeyleri birbiri arkasına kısa sürelerle soğuk, taze, dolgu ve sıcak yanma gazlarıyla temas halinde olduğundan yalnız ortalama bir sıcaklığa mâruz kalırlar. Bu ise normal pistonlara karşı dönel pistonların daha elverişli bir durumda olmalarını sağlar. Buna karşılık silindir daimi olarak çok sıcak veya çok soğuk bölgeleri ihtiva etmekte olup, sıcak bölgelerin uygun şekilde soğutulması gerekir.

Bugün Wankel motorlarının soğutma sistemi arzu edilir şekilde halledilmiş olup, hava ile soğutmalı motorlar da seri halinde imâl edilmektedir.

Wankel motorlarında kuvvet durumu gayet basit olarak izah edilebilir. Pistonun ekşenel uzunluğu a, yanmanın vukubulduğu silindir bölmesi ile temas eden bombeli pistonun kiriş uzunluğu b ve bu bölgedeki basınç p ile gösterilirse husule gelen kuvvet

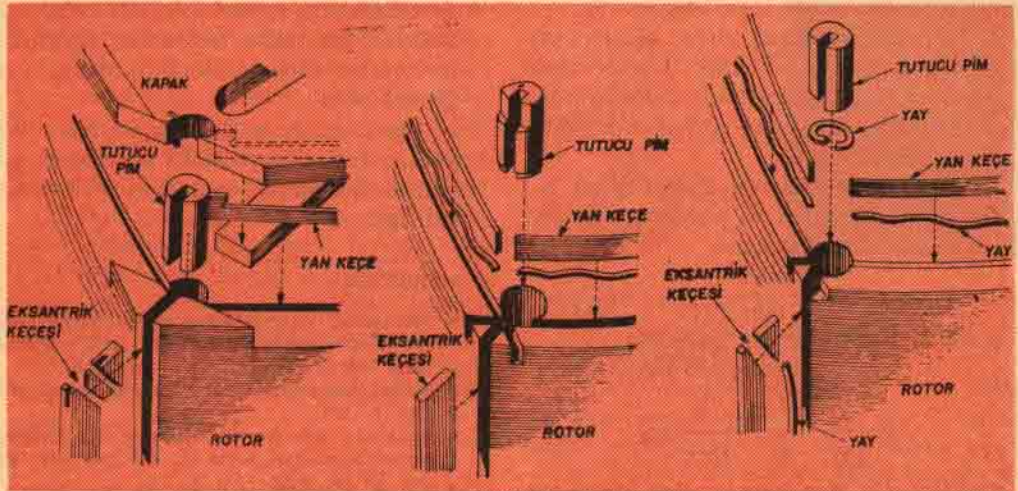
$$P = p.a.b. \quad (1)$$

denklemleri ile ifade edilebilir.

P kuvvetinin doğrultusu pistonun merkezinden geçmekte olup, motor ekşenine olan uzaklığı h ile gösterilirse kuvvetin motor ekşenine uyguladığı moment

$$M = P.h \quad (2)$$

denklemlerinden bulunur.



Şekil : 8

Wankel motorunda sızdırmazlık keçeleri

Bu suretle motorda bir döndürme momenti ve bir de yataklara enine etkileyen bir yatak kuvveti mevcut olmuş olur.

Moment her pistonlu makinada olduğu gibi çok değişkendir ve değişimi üç silindirli normal pistonlu bir motordaki momentin değişimine benzer. Buna karşılık titreşim yapan kütle kuvvetleri mevcut değildir.

Motor milinin dönmesinin düzensizliğini gidermek için Wankel motoru da normal pistonlu motorlarda olduğu gibi bir volana ihtiyaç gösterir. Motor gövdesinin temeline uyguladığı reaksiyon momentine gelince diğer pistonlu motorlarda olduğu gibi temelde titreşimler husule getirir.

Reaksiyon momentinin değeri

$$M = - \frac{P \cdot h}{R} \quad (3)$$

Denklemleri ile belli olup, bu denklem :

$$M = - \frac{p \cdot a \cdot b \cdot h}{R} \quad (4)$$

şeklinde de yazılabilir.

Pistonun çapsal merkezkaç kuvveti hiç bir döndürme momenti husule getirmez ve gaz kuvvetlerinin eksantrige uyguladığı basınç tesirini milin konumuna göre azaltır veya çoğaltır.

Ateşlemenin olduğu ölü nokta konumunda da gaz ve merkezkaç kuvvetleri birbirlerinin tesirini azaltacak şekilde birbirlerine zid yönde tesir ederler.

Hareketi sağlayan planet dişlileri pistonun sürtünme ve atalet kuvvetlerinin bileşenlerinin etkisi altında olduklarından hesapları bu kuvvetler gözönüne alınarak yapılmalıdır.

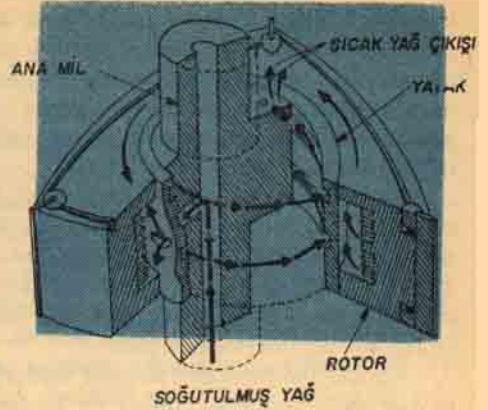
Wankel motorunun efektif gücü N_e , eksantrik milinin n ve pistonun $n/3$ devrinde sıkıştırma oranının

$$\epsilon = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \quad (5)$$

şeklinde ifade edilmesi suretiyle

$$N_e = 3 \frac{V_{\max}}{l} \frac{p_1}{n} \frac{1}{l} \eta_m \quad (1)$$

denklem (6) dan beygir gücü cinsinden bulunur.



Şekil : 9

Wankel motorunda pistonun soğutulması

Bu denklemde hacimler cm^3 olarak ifade edilmiş olup, $p_1 = kg/cm^2$ olarak endike basıncı ve $\eta_m = \%$ olarak mekanik verimi göstermektedir. Wankel motorları son zamanlarda çeşitli firmalar tarafından geliştirilmektedir. Kullanış sahası stasyonyer maksatlar ve binek arabalarıdır.

NSU firması tarafından geliştirilen Ro 80 otomobili iki silindirli bir KKM 612 tipi Wankel motoru tarafından tahrik edilmektedir. Bu motor 6000 d/d da 115 BG güç vermekte ve normal özgül yakıt sarfiyatı 220-240 g/BG. h civarında kalmaktadır.

Fichtel ve Sachs firması da hava ile soğutmalı küçük Wankel motorları üzerinde çalışmakta ve seri imalatta bulunmaktadır. Bu firma tarafından geliştirilen motorların gücü 5—18 B.G. arasında değişmektedir.

Bu firmaların dışında Curtiss - Wright ve Toyo Kogyo K.K. Hiroshima gibi firmalarda Wankel motorları imâl etmektedirler.

LİTERATÜR

1. Manteufel, Ausgewählte Fertigungsverfahren des Kreislaufmotors Bauart NSU - Wankel. MTZ 1967 S. 207.
2. Keller, Fortschritte bei Wankelmotoren. MTZ 1967 S. 217.
3. Jungblut, Aus der Entwicklung des Zweifach Kreislaufmotors KKM 612 für den NSU Wagen Ro 80. MTZ. 1967 S. 351.
4. Kraemer, Bau und Berechnung der Verbrennungsmotoren. Springer Verlag Berlin 1963.