

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
TEZ YÖNETİMİ

CO OKSİDASYONUNA KATALİZÖR PARAMETRELERİNİN ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kim.Müh. Taylan ÇETİN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21 HAZİRAN 1993

Tezin Savunulduğu Tarih : 8 TEMMUZ 1993

Tez Danışmanı : Doç.Dr.Tuğrul ARMAĞAN

Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr.Hasancan OKUTAN

: Doç.Dr.Ayşe ERDEM ŞENATALAR

TEMMUZ 1993

ÖNSÖZ

Bu çalışmada karbonmonoksitin, farklı sıcaklıklar ve farklı hızlarda, katalizörlü ve katalizörsüz oksidasyonu kinetiğinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bana böyle bir konuda çalışma olanağı sağlayarak, ilgi ve desteğini gördüğüm Değerli Hocam, Sayın Doç.Dr. Tuğrul ARMAĞAN'a teşekkür ederim. Çalışmalarında her türlü yardımlarından ötürü, Sayın Kimya Mühendisi Demir AKSU'ya, tezimin yazımında bana yardımcı olan Sayın Zeynep KILIÇ CERİT'e ve Kimya Mühendisliği Bölümündeki ve özellikle Proses ve Reaktör Anabilim Dalı'ndaki hocalarıma ve arkadaşlarıma, ayrıca yaşıntımın her anında maddi ve manevi desteğini gördüğüm aileme teşekkürü bir borç bilirim.

HAZİRAN, 1993

TAYLAN ÇETİN

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
BÖLÜM 2. TEORİK KISIM.....	2
2.1. Oksidasyon Katalizörleri ve İlgili Katalitik Reaksiyonları.....	2
2.2. CO Özellikleri ve CO Oksidasyonu.....	2
2.3. CO Oksidasyonu Kinetiği.....	5
2.4. Katalizör Taşıyıcı Seçimi.....	9
BÖLÜM 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	10
3.1. Kullanılan Malzeme ve Cihazlar.....	10
3.2. CO Ölçme Cihazları ve CO Hava Karışımı.....	10
3.3. Pt Katalizörü İle Yapılan CO Oksidasyonu Deneyinin Yürütülmesi.....	13
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	34
KAYNAKLAR.....	36
ÖZGEÇMİŞ.....	38

ÖZET

Karbonmonoksit oksidasyonu katalizörlü ya da katalizörsüz ortamda gerçekleşebilen bir reaksiyondur. Farklı katalizörler kullanarak düşük sıcaklıklarda katalizör yardımı ile yüksek dönüşüm elde etmek amaçlanmıştır.

Çalışmamızda Teknik Pt, Ticari, Pt/Seramik, Pt/ponza katalizörlerinin 150^o, 175^o ve 225^o C'larda homojen reaksiyona etkisi araştırılmıştır. Reaksiyon hızları her katalizör ve sıcaklık için tespit edilmiştir. Çalışılan Pt katalizörlerinin ağırlık bazına göre aktiflik sırası Pt/Seramik, Teknik Pt, Pt/ponza, Ticari olarak bulunmuştur. CO mertebesi 1 civarındadır.

Ayrıca her katalizör için Arrhenius sabiti ve aktivasyon enerjisi tespit edilmiştir. Aktivasyon enerjisi 5000-30000 kcal/mol arasında bulunmuştur.

INVESTIGATION OF OXYDATION OF CARBONMONOXIDE BY PLATINIUM CATALYSIS

SUMMARY

This study which is also related to the oxydation of carbonmonoxide contains by using oxydation reactions had been done on the platinum catalysis.

There is also some information given about the properties of carbonmonoxide.

In this study the oxydation of carbonmonoxide on the catalyst or without it is investigated. It is investigated that the effect of catalyst, as Pt/ceramic, Pt/pumice, Technic Pt and commercial to the rate of the oxydation of carbonmonoxide at 150-225°C.

The main aim in this study is to obtain high efficiency in the oxydation reaction using catalysis at low temperature.

To detect the kinetic of the oxydation of carbonmonoxide on the catalyst or without it, a laboratory plant is prepared.

As the society becomes more sensitive about the environmental pollution which caused adverse health effects, the studies which is done is decrease the carbonmonoxide emission gets more important day by day.

Catalyst is a material. which increases rate of reaction any self decomposition.

If catalysts and reactants which are tresting to the reaction are in the same phase it is called homogeneous catalys, if not, it's called heterogenous catalys.

In this study both homogeneous and heterogenous reaction are investigated.

Oxydation is a process which is used to obtain chemical compound in the chemical industry.

In the study the information about kinetic of CO-oxydation which is produced by entering 1 oxygen atom to the 1 mole carbonmonoxide is obtained.

Carbonmonoxide (CO) a colorless flammable, toxic gas is produced by steam reforming or partial oxydation of carbonaceous materials it is used as a fuel, a metallurgical reducing agent, and a feed stock in the manufacture of a variety of chemicals, notably methanol acetic acid phosgene and oxo alcohols.

Carbonmonoxide was discovered by Lasonne in 1776 by heating a mixture of checoal and zincoxide it provided a source of heat to the industry and home as o component of town gas and was used a primary raw materials in German synthetic fuel manufacture during World War II it's compound with transition in the 1960's.

Most recently carbonmonoxide emission from vehicle exhausts has been recognized as a primary source of air pollution.

Carbonmonoxide burns recently in air or oxygen. Ignition temperatures are $644-658^{\circ}\text{C}$ and $637-658^{\circ}\text{C}$ respectively. Mixture of carbonmonoxide and air are flammable over a wide range of composition at atmosphere pressure. the flammable limits of

carbonmonoxide-air mixtures change with pressure (lower limits vol % 11.4-16.3; upper limit vol % 70.0-77.5).

Hopcalite, a mixture of Manganese and cuppur-oxides cartalyzes carbonmonoxide oxydation at room temperature.

It was used in gasmasks during World War I to destroy low levels of carbonmonoxide.

Carbonmonoxide is the most widely spread gaseous hazard to which man exposed. The toxicity of carbonmonoxide is a result of its reaction with the hemoglobin of blood.

The carboxyhemoglobin (COHb) which is formed displaces oxygen and leads to asphyxiatino. Blood levels of COHb as low as impair the function of the brain and reduce visual activity.

Headaches occur when 10-20 % of the hemoglobin reacts with carbonmonoxide.

Increased saturation causes nausea, dizziness , weakness, mental confusion, loss of conscrouness and death.

A concertration of 100 ppm is allowable for an exposure of several hours and 400-500 ppm can be in haled for 1h without appreciable effect, whereas 1500-2000 ppm are dangerous and 4000 ppm or more is total. First aid treetment for carbonmoxide poisoning emphasizes elimination of the gas from the body.

Artificial respiration is necessary whenever breathing is inadequate.

Preservation of carbonmonoxide poisoning is best accomplished by providing good vertilation where contamination is a problem experimental studies:

In this study with laboratory plant carbon-monoxide is used two different carbonmonoxide measurements, first measurement is a kind of which can be used at the 0-1000 ppm carbonmonoxide concentration carbonmonoxide is given to the measurement by soluting with air.

Second measurement is a kind of which can be used 0-40000ppm carbonmonoxide concentration.

It is done truth test for two measurements.

The concentration of carbonmonoxide - air mixture which is used for experiments, is determined with a graphic which is called the value of chemical absorbed CO_2 -value of given CO_2 .

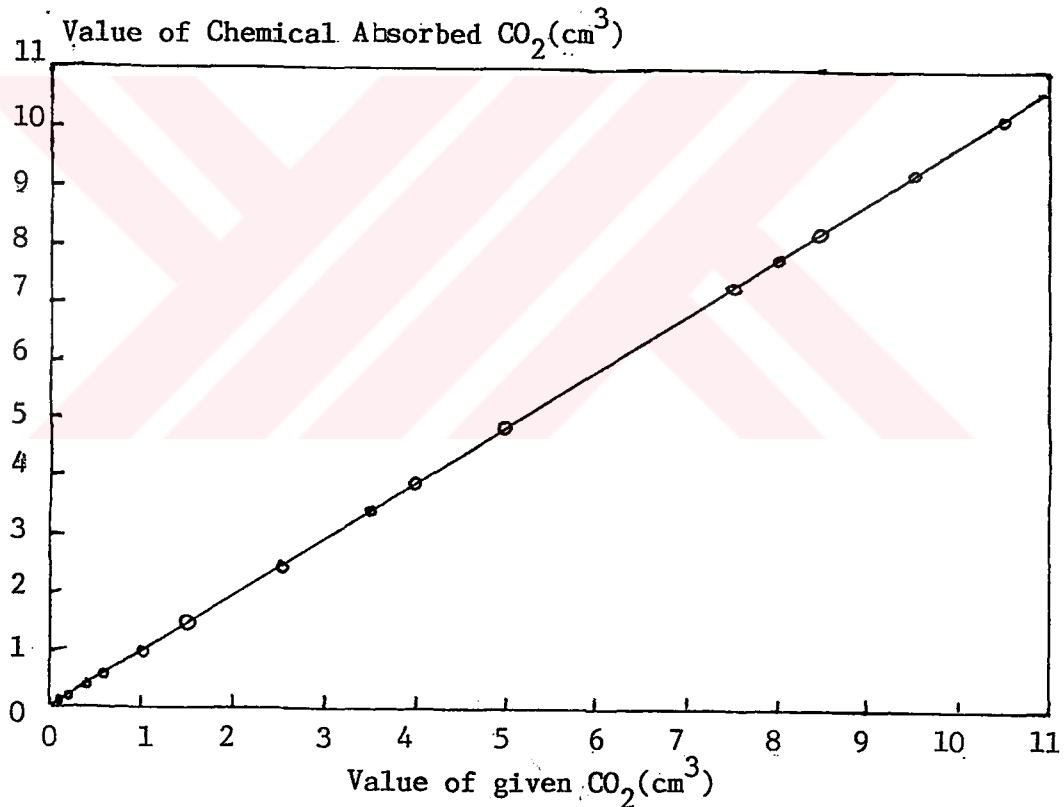


FIGURE: 1. Value of Chemical Absorbed CO_2 (cm^3)
Value of Given CO_2 (cm^3)

Carbonmonoxide concentration can detect at the inlet and outlet of reactor during the CO measurements.

By using these datas, conversion has been calculated for different corresponding of W/FA_0 values.

In this study catalysts are used which was prepared with platinum and over materials like a ceramic. These different catalysts are used at three different temperatures which are 150, 175 and 225°C.

By using the calculated conversion can be determined rate of reaction the constant rate of reaction degree of the reaction and the energy of activation.

TABLE: 1. The Parameters and the Results of CO Oxydation at 150°C.

Experiment no	Type of The Catalyst	Catalyst Amount (g)	Reactor Temperature (°C)	Environment Pressure (mbar)	Environment Temperature (°C)	CO Flow (F ₂) (cm ³ /min)	Conversion x %
1	Technic Pt Cal.	0.5027	150	1014	14	50	72
2	Technic Pt Cal.	0.5027	150	1014	14	100	43
3	Technic Pt Cal.	0.5027	150	1014	14	200	22.6
4	Commercial Pt Cal.	0.5035	150	1013	14	50	67
5	Commercial Pt Cal.	0.5035	150	1013	14	100	23
6	Commercial Pt Cal.	0.5035	150	1013	14	200	24
7	Pt Cal.	0.5070	150	1012	14	50	63.5
8	Pt Cal.	0.5070	150	1012	14	100	42.5
9	Pt Cal.	0.5070	150	1012	14	200	22.3
10	Pt Cal. (Pumice)	0.5049	150	1010	15	50	68
11	Pt Cal. (Pumice)	0.5049	150	1010	15	100	54.4
12	Pt Cal. (Pumice)	0.5049	150	1010	15	200	32.4
13	Homogeneous Reaction	-	150	1010	15	50	29.1
14	Homogeneous Reaction	-	150	1010	15	100	24.0
15	Homogeneous Reaction	-	150	1010	15	200	19.0

TABLE: 2. The Parameters and the Results of CO Oxydation at 175°C.

Experiment no	Type of The Catalyst	Catalyst Amount (g)	Reactor Temperature (°C)	Environment Pressure (mbar)	Environment Temperature (°C)	CO Flow (F) (cm ³ /min)	Conversion x %
16	Technic Pt Cat.	0.5024	175	1009	15	50	80
17	Technic Pt Cat.	0.5024	175	1009	15	100	62.5
18	Technic Pt Cat.	0.5024	175	1009	15	200	35
19	Commercial Pt Cat.	0.5082	175	1009	15	50	70
20	Commercial Pt Cat.	0.5082	175	1009	15	100	60.6
21	Commercial Pt Cat.	0.5082	175	1009	15	200	43.3
22	Pt Cat.	0.5003	175	1009	15	50	97.5
23	Pt Cat.	0.5003	175	1009	15	100	90.4
24	Pt Cat.	0.5003	175	1009	15	200	62.5
25	Pt Cat. (Purnice)	0.5078	175	1009	15	50	99.3
26	Pt Cat. (Purnice)	0.5078	175	1009	15	100	89.1
27	Pt Cat. (Purnice)	0.5078	175	1009	15	200	75
28	Homogeneous Reaction	-	175	1009	17	50	50.3
29	Homogeneous Reaction	-	175	1009	17	100	44.4
30	Homogeneous Reaction	-	175	1009	17	200	31.25

TABLE: 3. The Parameters and the Results of CO Oxydation at 225°C

Experiment no	Type of The Catalyst	Catalyst Amount (g)	Reactor Temperature (°C)	Environment Pressure (mbar)	Environment Temperature (°C)	CO Flow (F ₁ cm ³ /min)	Conversion x %
31	Technic Pt Cal.	0.5071	225	1009	15	50	99.5
32	Technic Pt Cal.	0.5071	225	1009	15	100	99.5
33	Technic Pt Cal.	0.5071	225	1009	15	200	99.5
34	Commercial Pt Cal.	0.5038	225	1009	16	50	100
35	Commercial Pt Cal.	0.5038	225	1009	16	100	99.9
36	Commercial Pt Cal.	0.5038	225	1009	16	200	99.9
37	Pt Cal.	0.5179	225	1009	16	50	100
38	Pt Cal.	0.5179	225	1009	16	100	99.9
39	Pt Cal.	0.5179	225	1009	16	200	99.9
40	Pt Cal. (Pumice)	0.5024	225	1009	16	50	99.9
41	Pt Cal. (Pumice)	0.5024	225	1009	16	100	99.9
42	Pt Cal. (Pumice)	0.5024	225	1009	16	200	99.9
43	Homogeneous Reaction	-	225	1009	16	50	99.46
44	Homogeneous Reaction	-	225	1009	16	100	99.33
45	Homogeneous Reaction	-	225	1009	16	200	99.2

BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Oksitlenme tepkimelerinde, katalizör olarak Pt,Cu, hopcalit, Mn ve metaloksitler kullanılmıştır. Bu çalışmada, karbonmonoksit'in katalitik ve katalitik olmayan oksidasyonuna, Pt/Seramik,Teknik Pt, Ticari,Pt/Ponza katalizörlerin 150-225°C sıcaklıklarda reaksiyon hızına etkisi incelenmiştir.

Çalışmada, katalitik etkilerin yardımı ile, CO oksidasyonunun olabildiğinceye kadar düşük sıcaklıklarda yürütüleceği koşulların bulunması amaçlanmıştır.

CO oksidasyon kinetiği, bir laboratuvar düzeneğinde, katalitik ve katalitik olmayan durumda incelenmiştir.

BÖLÜM 2. TEORİK KISIM

2.1. Oksidasyon Katalizörleri ve İlgili Katalitik Reaksiyonları

Pt, hopcalit, Mn, Cu,.. katalizörleri, oksidasyon tepkimelerinde, çok fazla önemi olan maddelerdir. Çevre ve sağlıkla ilgili kuralların katılaşmasıyla birlikte, CO emisyonların daha da düşürülmesi ile ilgili olan çalışmalar güncelliğini korumaktadır.

CO oksidasyonunda kullanılabilen, Pt, Mn, ve metal oksitleri oksidasyon reaksiyon hızını arttıırırlar. Bu katalizörlerin gerçek görevi, CO oksidasyonunda reaksiyon aktivasyon serbest enerjisini (E) düşürmektir.

Katalizörlerin ve reaksiyona giren maddelerin aynı faza mensup olmaları bir homojen kataliz, farklı faz söz konusu ise heterojen kataliz söz konusudur. Bu çalışmada aynı tepkimenin homojen reaksiyonu ile heterojen kataliz reaksiyonu incelenmiştir. 1 mol CO'e 1 O atomunun sokulması ile meydana gelen oksidasyon kinetiği hakkında bilgi edinilmiştir.

2.2. CO Özellikleri ve CO Oksidasyonu

Karbonmonoksit (CO), karbon (C) içeren bileşiklerin oransal oksidasyon veya buhar yardımı ile oluşumunda ortaya çıkan renksiz, kokusuz, yanıcı çok zehirli bir gazdır.

Karbonmonoksit yakıt olarak kullanıldığı gibi, metalurji ve metanol, asetikasit, fosgen gibi çeşitli kimyasalların üretiminde gerekli bir maddedir.

Karbonmonoksit 1776 yılında Losanne tarafından çinko-oksit ve mangal kömürü karışımının ısıtılması ile elde edilmiş, II. Dünya savaşı'nda endüstride ve evlerde ısı sağlaması amacıyla kullanılmıştır. 1960'larda modern anorganik kimyanın doğuşu ile, metallerle yaptığı komponentler üzerine çalışılmıştır.

Son yıllarda ise, araçlardan dolayı oluşan CO emisyonları, hava kirliliğinin ilk kaynağı, olarak bilinmektedir.

Fiziksel Özellikleri;

Özellik	Değer
Mol ağırlığı	28.011
Erime noktası	68.09K
Kaynama noktası	81.65K
$\Delta H_{erime}(68K)$	0.837 KJ/mol
$\Delta H_{buharlaşma}(81K)$	6.042 KJ/mol
Yoğunluk (273K, 1atm)	1.2501 g/l
ΔG° oluşum(298K)	-137.16 KJ/mol
ΔH° oluşum(298K)	-110.53 KJ/mol
S° oluşum(298K)	0.1975 KJ/mol
C_p° (298 K)	29.1 J/molK
C_v° (298 K)	20.8 J/molK
Havadaki yanıcılık limiti	
enyüksek limit	% 74.2
en düşük limit	% 12.5

Sıcaklık arttıkça, limit aralığı artmaktadır. Karbonmonoksit (CO), havada yada oksijen ortamında hızla yanar. CO katalizörsüz, yada oranı belirlenmiş katalizör ortamında oksitlenebilir.

Yüzey yanması, 900°C üstündeki sıcaklıklarda devam eder. Fakat reaksiyon, 650°C altında katalizörsüz, yavaştır.

Hopcalit, Mn ve Bakıroksit karışımları, karbonmonoksiti (CO) oda temperaturünde katalizlerki, bunlar I. Dünya Savaşı sırasında CO tahribatına karşı, gaz maskelerinde kullanılmıştır.

Pt ve Palladyum tarafından hazırlanan katalizörlerin 50°C'de karbonmonoksite bir dereceye kadar etkileri görülmektedir [1].

2.3. CO Oksidasyonu Kinetiği

MnO, Cu, Pt, hopkalit katalizörlerinin CO oksidasyonuna etkisi 1900'lerin başından beri araştırılmaktadır.

CO oksidasyonu ile ilgili ilk çalışmalar Schwab, Parravano, Stone ve çalışma arkadaşları üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Schwab özellikle heterojen kataliz üzerinde çalışmış ve homojen reaksiyonla karşılaştırmalar yapmıştır. Bu çalışmalarını CO Oksidasyonu içinde uygulamıştır. Schwab ve arkadaşları heterojen reaksiyonun aktivasyon enerjisinin, homojen reaksiyon aktivasyon enerjisinden 16.17 kcal/mol daha az olduğunu, heterojen reaksiyonun homojen reaksiyona oranını, oda sıcaklığında eşit olduğunu, reaksiyon sıcaklığı arttıkça aktivasyon enerjisinin de arttığını tespit etmişlerdir [2].

Beeck ile birlikte metal bileşiklerinin üzerindeki elektron derişiminin katalitik aktiviteye etkisi olduğunu gözlemlemişlerdir [3]. Bu çalışmalardan çıkan sonuçlar CO oksidasyonun kinetiğini çıkartmakta faydalı olmuştur.

Parravona ise, CO oksidasyonunda nikeloksit katalizörü ile çalışmıştır.

Katalizöre eklenen lityum iyonu ile derişim arttıkça oksidasyonun aktivasyon enerjisinin azalmayıp arttığını bulmuştur [4].

Schwab, Krom iyonunun eklenmesinin aktivasyon enerjisinin düşüşüne sebep olduğunu bulmuştur [5].

Roginski dikkatli çalışması ile Parravona'nın çalışmalarının tastik edilmesini sağlamıştır [5].

Dry ve Stone'da araştırmaları ile Schwab'ın Cr iyonu ile ilgili buluşlarını tasdik etmişlerdir [6].

Schwab heterojen kataliz reaksiyonlarında endotermik adsorpsiyonunun önemli rol oynadığını göstermiş ve bunu günümüze sunmuştur [7].

Yarı iletkenlerin CO oksidasyonunun katalitik aktivitesi üzerinde çalışmış olan Schwab nikeloksit lit-yum gibi katalizörlerin pozitif iyon sayısı arttıkça elektriksel iletkenliklerinin de arttığını, tersi olarak krom gibi katalizörlerin pozitif iyon sayısı azaldıkça elektriksel iletkenliklerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Schwab bu sonuçları katalitik CO oksidasyonu içinde göstermiştir [8].

CO oksidasyonu ile ilgili daha yeni çalışmalar Stone ve çalışma arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. CO'nın CO₂'e dönüşümünde metaloksit katalizörleri kullanıldığı zaman adsorpsiyon ısılarının oluşumu yardımı ile termo kimyasının klasik kabullerinden metal oksit yüzeylerinde CO₃'in varlığının kanıtı Stone'un çalışmasıdır [9].

CO₃ komplekslerinin CO₂ ve adsorplanmış oksijenin karşılıklı etkileşimleri ile oluşturulduğu düşünülebilir.

Stone ve arkadaşları metal oksit sevileri için şu ölçümleri yapmışlardır. Birincisi oksijenin ilk adsorplanmış ısısı, ikincisi CO ve CO₂'in ilk adsorplanmış yüzey ve dış yüzey üzerinde oksijenin adsorpsiyon ısısı,

üçüncü olarak dışyüzeyde ve ilk adsorplanmış oksijen filmi üzerinde CO_2 'in adsorpsiyon ısıdır. CO_3 kompleksinin oluşumunun ısısı bu verilerin yardımı ile saptanmıştır [9]. Gelecekte katalizörlerin mekanizmasında, katının genel elektronik özelliklerinin, yüzeydeki komplekslerin veya tek tek atomların özelliklerinin yanındada daha az dikkat çekeceği açıktır. Bu görüş ışığında Rooney çalışmalarını başlamıştır [10].

CO oksidasyonunda Cu içeren zeolit kompleksinde yapılan çalışmada Cu ilavesi ile CO oksidasyonunun aktivitesinin arttığı görülmüştür. Cu mordenit yüksek aktivite göstermektedir. CuO 'ın aktivitesi zeolit yüzeyindeki Cu içeriğinin artması ile yükseldiği, açıklanmıştır [11].

Palladyumun Cu kompleksinin düşük sıcaklıklarda CO'nun oksidasyonunda katalitik aktifliğine suyun etkisi araştırılmış, adsorpsiyon, kinetik, potansiyel ve Ph metrik ölçümler bu kompleks katalizör ile H_2O ilave edilmiş katalizör arasında katalitik etkileşimlerinde farklılıklar gösterdiği anlaşılmıştır [12].

CO'nun CO_2 'e dönüşümünde model gaz karışımın, (CO , O_2 , CO_2 , Ni ve He) lazerle CO_2 den arındırılmış ortamda, katalizör üzerine akış hızı incelenmiş ve optimum hız 6.20 cm/s olarak bulunmuştur. Palladyum katalizörü (% 2.5) mikroporoz tabakaya sahip karbon lifleri üzerinde taşınmış olan bu çalışmada max. dönüşüm $100-125^\circ\text{C}$ 'lerde % 9-28 olarak bulunmuştur [13].

Diğer bir çalışmada Fe tarafından farklı şekilde uygulanmış olan zeolitler ortamında CO oksidasyonu incelenmiştir.

Zeolitin X,Y,L ve mordenit tipleri üzerinde $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 'in kimyasal adsorpsiyonu ile hazırlanmış örnekler 250-450°C'lerde incelenmiştir. X tipi zeolitin, en yüksek aktivite gösterdiği görülmüştür [14].

Süper iletkenler taşıyıcılarla yapılan bir çalışmada $\text{La}-\text{Sr}$ ve CuO gibi kompleksler süper iletkenler üzerine yerleştirilmiş ve 373-523 K'de CO oksidasyonu araştırılmıştır. Kompleks $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x-\text{CuO}_{4-r}$ şeklinde olup bu katının çok yüksek katalitik aktiviteye sahip olduğu anlaşılmıştır. CO oksidasyonunun Langmuir-Hinshelwood modeline uyduğu görülmüştür. Katalitik aktiviteye Sr derişiminin (x) fonksiyonu araştırılmış ve maksimum aktivitede $x = 0.4$ olarak tespit edilmiştir [15].

MnO_2 katalizörünün CO düşük sıcaklıklardaki oksidasyonuna etkisi, Mn iyonunun değerliliğine bağlı olarak değiştiği anlaşılmış deneylerdeki örnekler Mn^{+4} , Mn^{+3} ve Mn^{+2} iyonları içermektedir. Yüksek etkinin Mn^{+4} içeriğine bağlı olduğu anlaşılmıştır [16].

2.4. Katalizör Taşıyıcı Seçimi

Katalizör taşıyıcısının seçimi genel olarak porosite, yüzey alanı ve mekanik sağlamlığın optimizasyonuna dayanır.

Ayrıca katalizör ile destek etkileşimlerinin, katının kimyasal yapısına ve katalizlenen reaksiyonun yürüyüşüne etki ettikleri sanılmaktadır. Bunu Sterba ve Heansel [17], Kakati ve Wilman [18] taşıyıcılı metallerin bir çeşidinde Andreikov ve arkadaşları [19] metal oksitlerin çeşidinde göstermişlerdir.

Katalizörler katalitik etkileşimden başka taşıyıcı farklı bir bileşik oluşturmak için reaksiyona girebilirler. Bunların adsorpsiyona ve gazların reaksiyonuna etki edilebileceği gösterilmiştir.

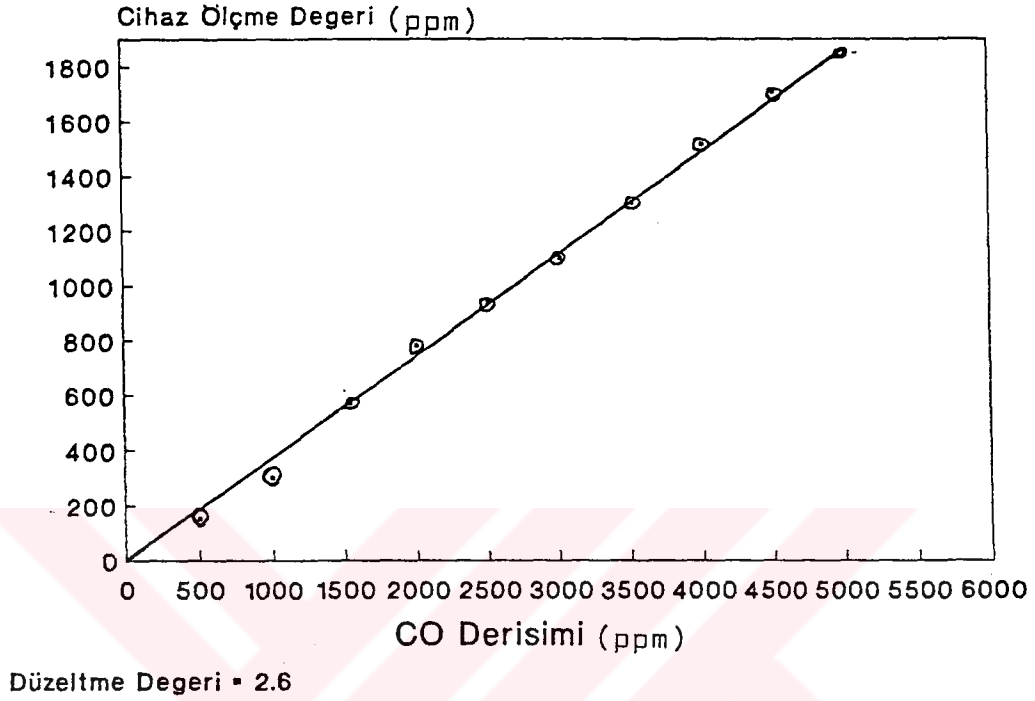
BÖLÜM 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Kullanılan Malzeme ve Cihazlar

- CO tüpü
- Regülatör (yıldız marka)
- Rotametre (iğne vanalı) (Dwyar marka)
- NaOH çözeltisi (1N)
- Silikajel
- CO oksidasyon reaktörü
- Termoeleman
- mV gösterge cihazı
- Terazî
- Varyak (Devatrons)
- 10 cc'lik şîrînga
- Cam aksam
- CO ölçme cihazları (Testo, Comopac)

3.2. CO Ölçme Cihazları ve CO Hava Karışımı

CO ölçme amacıyla, 2 farklı elektrokimyasal cihaz kullanıldı. İlk cihaz, 0-1000 ppm CO derişimi aralığında kullanılabîlen bir cihazdır. CO, cîhaza şîrînga ile. gaz hava ile seyreltilip verilmiştir. Bu cihaz, çalışılan aralıklarda derişim ölçülmesi için uygundur. İkinci cihaz ise 0-40000 ppm CO aralığında çalışılabîlen bir türdür. Her iki cihazında doğruluk testi yapılmıştır.



ŞEKİL: 3.1. Cihaz Ölçme Değeri-CO

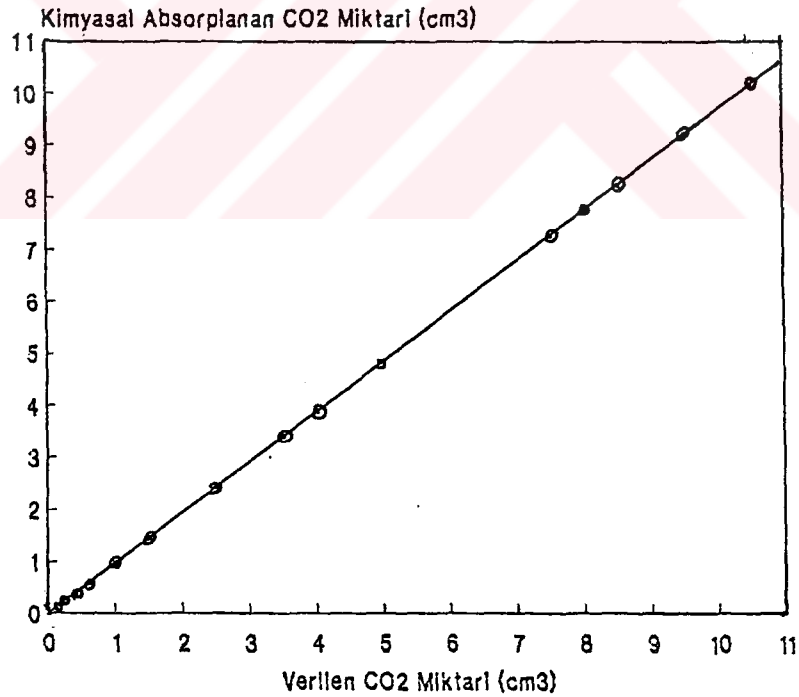
Ayrıca tüpte hazırlanan CO hava karışımı derişimi de, deney öncesi hazırlanan kimyasal absorplanan CO₂ miktarı - verilen CO₂ miktarı grafiğı ile saptanmıştır.

Bu grafik 2 farklı metodla test edilmiştir. İlk metotta, istenilen miktarda CO₂ gazı içerecek sodyumbi-karbonat kristalleri asit ile muamele edilerek, CO₂ gazının serbest kalması sağlanmıştır. Bu CO₂ gazı, hazırlanan çözeltiden geçirilerek kimyasal olarak absorplanmıştır. Çözeltinin, deney öncesi ve sonu özelliklerinden elde edilen verilerle, grafikten okuma yapıldığında absorplan miktarla, verilen CO₂ miktarının uygunluk gösterdiği görülmüştür.

İkinci yöntemde ise, ticari CO_2 kullanılarak aynı yöntem tekrarlanmıştır. Aynı şekilde uygun sonuçlar elde edilmiştir.

Hatanın yaklaşık $\% 3 \pm 2$ olduğu anlaşılmıştır.

Deney öncesi matematiksel hesabı yapılarak hazırlanmış olan CO -hava karışımı içeren tüpten alınan gaz, reaktörde $\% 100$ oksidasyon dönüşümüne ulaştığında, diğer bir deyişle, CO değeri heriki cihazda da 0 değerinde okunduğunda, $\% 100$ dönüşmüş gazdan alınan belli hacimdeki örnek (CO_2), kimyasal olarak absorplanır. Kimyasal absorplanan CO_2 miktarı -verilen CO_2 miktarı grafiğinde, verilen CO_2 miktarı okunur. Absorplanan CO_2 ile verilen CO_2 miktarı karşılaştırılarak, tüpteki CO değişimi hesaplanır.



ŞEKİL: 3.2. Kimyasal Absorplanan CO_2 Miktarına Verilen CO_2 Miktarı.

3.3. Pt Katalizörü İle Yapılan CO Oksidasyonu Deneyinin Yürütülmesi

Bu çalışmada ise, seramik olduğu adlandırılan madde ve ponza taşı üzerine Pt emdirilen, özel olarak hazırlanmış katalizörler kullanılmıştır. Çalışmada CO-hava karışımı 2 şekilde elde edilmiştir. Formik asitten geçirilen inert gaz N_2 , formik asit buharlarını taşıyarak konvertöre getirir. Burada formik asit yüksek sıcaklıkta parçalanarak, CO ve su buharına dönüşür. Bu gaz karışımı NaOH çözeltisinde yıkanarak, saf CO elde edilir. CO gazı, hava ile seyreltilerek kullanılır. Sabit derişimde CO akım sağlamak için, belli miktarda ticari CO, tüp içinde basınç uygulayarak sıkıştırma yolu ile havayla istenilen derişime kadar seyreltilir. Böylelikle regülatör ve iğne vana yardımı ile akım, deney koşullarına göre ayarlanarak sabit tutulabilir. Deneylerde hazırlanan değişik türdeki katalizörlerin varlığında, 150, 175 ve 225°C'lerde CO oksidasyon dönüşümleri hesaplanmıştır.

Belirli derişimdeki CO gazı 3 farklı $\frac{W}{F}$ ($F = 50, 100$ ve $200 \frac{cc}{min}$) akımlarında reaktöre beslenir.

Her katalizörün farklı sıcaklık ve farklı akımlardaki oksidasyona etkisi hesaplanmıştır.

Ayrıca 150, 175 ve 225°C sıcaklıklarda 50, 100 ve $200 \frac{cc}{min}$ 'lık akımlarda da katalizörsüz deneyler incelenmiştir. Deneylerde sabit derişimdeki CO gazı, tüpten basınç regülatörü yardımı ile istenilen akımda alınır. Gaz akımının, rotametre üzerindeki iğne vana sayesinde sabit kalması sağlanır. Rotametreden çıkan gaz, içerdiği havadan dolayı gelen CO_2 'inden arıtılması için NaOH çözeltisinde yıkanır.

Aritılmış gaz, nem giderme işlemi için silikajelden geçirilerek reaktöre beslenir. Reaktör, sabit sıcaklıkta ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) tutulmaktadır. Reaktör sıcaklığı, ısı çift (termo eleman) yardımı ile ölçülmektedir. Reaktör sıcaklık ayarı varyak yardımı ile yapılmaktadır. Reaktör katalizörün yerleştirildiği poroz bir tabakaya sahiptir. Sabit derişimdeki CO gazı bu tabakadan geçerken katalizör yüzeyi ile temas haline gelir ve gaz reaktörden dışarı çıkar. Reaktörden çıkan gazın derişimi iki farklı CO ölçüm aleti ile ölçülerek, reaktöre giriş ve reaktör çıkışı arasındaki derişim farkından CO dönüşümü hesaplanmıştır.

Katalizör boyutu 2-3 mm arasında kullanılmıştır. 150° , 175° ve 225°C 'de CO oksidasyon koşulları Tablo 3.1, 3.2 ve 3.3'de verilmiştir.

150° , 175° ve 225°C 'de CO oksidasyon koşullarında elde edilen dönüşüm (x) ve katalizör miktarı/gz akım hızı (W/FA_0) değerleri grafiğe geçirilmiştir. Şekil 3.4-3.18. Bu grafiklerde farklı noktalardan geçen teğetlerin eğimi alınarak türev metodu ile reaksiyon hızları hesaplanmıştır. Belli dönüşümlerdeki karbonmonoksit derişimi hacim değişimi olmadığı gözönüne alınarak CO giriş derişimi ve dönüşümden faydalanarak hesaplanmıştır.

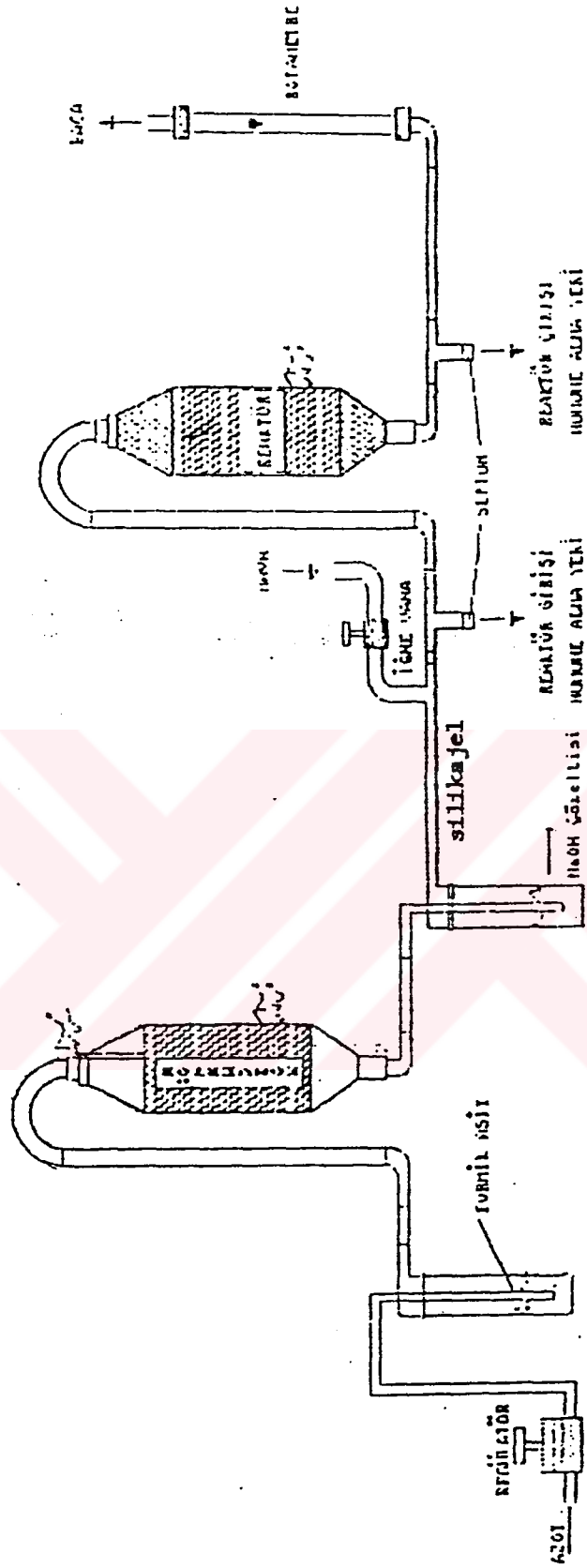
Homojen ve katalitik reaksiyon için 150° , 175° ve 225°C 'de CO oksidasyonunda elde edilen katalizör miktarı /gaz akım hızı (W/FA_0), dönüşüm (x), reaksiyon hızı (r) ve CO derişimi (C) tablo 3.4, 3.5 ve 3.6'da verilmiştir.

Homojen reaksiyon ve katalitik reaksiyon hız birimleri karşılaştırılırsa, katalizörün dolgu hacmi gözönüne alınarak homojen reaksiyonda elde edilen gerçek dönüşüm verilen değerin yaklaşık 1/650'si olacaktır.

Reaksiyon hızları, derişimlere karşı grafiye geçirilerek elde edilen doğrunun eğim ve kayımından 150° , 175° ve 225°C 'de homojen ve 4 farklı katalizör için reaksiyon hız sabiti ve reaksiyon mertebesi hesaplanmıştır [20]. Elde edilen veriler Tablo 3.7, 3.8 ve 3.9'da gösterilmiştir.

Homojen ve katalitik reaksiyonda elde edilen farklı sıcaklıklardaki reaksiyon hız sabitleri ve mertebelerden faydalanarak Arrhenius denklemi yardımı ile hesaplanan Arrhenius sabiti ve aktivasyon enerjileri Tablo 3.10'da gösterilmiştir.





ŞEKİL: 3.3. Deney Düzenegi | 21 |.

TABLO: 3.1. 150⁰ C'de CO Oksidasyon Koşulları

Deneç No	Katalizör Tanı	Katalizör Miktarı (W) (g)	Reaktor Sıcaklığı (°C)	Ortam Basıncı (ınbar)	Ortam Sıcaklığı (°C)	CO Akımı (F) (cm ³ /min)
1	Teknik Platin Kat.	0.5027	150	1014	14	50
2	Teknik Platin Kat.	0.5027	150	1014	14	100
3	Teknik Platin Kat.	0.5027	150	1014	14	200
4	Ticari Platin Kat.	0.5035	150	1013	14	50
5	Ticari Platin Kat.	0.5035	150	1013	14	100
6	Ticari Platin Kat.	0.5035	150	1013	14	200
7	Platin Kat.	0.5070	150	1012	14	50
8	Platin Kat.	0.5070	150	1012	14	100
9	Platin Kat.	0.5070	150	1012	14	200
10	Platin Kat. (Ponza)	0.5049	150	1010	15	50
11	Platin Kat. (Ponza)	0.5049	150	1010	15	100
12	Platin Kat. (Ponza)	0.5049	150	1010	15	200
13	Homojen Reaksiyon	—	150	1010	15	50
14	Homojen Reaksiyon	—	150	1010	15	100
15	Homojen Reaksiyon	—	150	1010	15	200

TABLO: 3.2. 175°C 'da CO Oksidasyon Koşulları

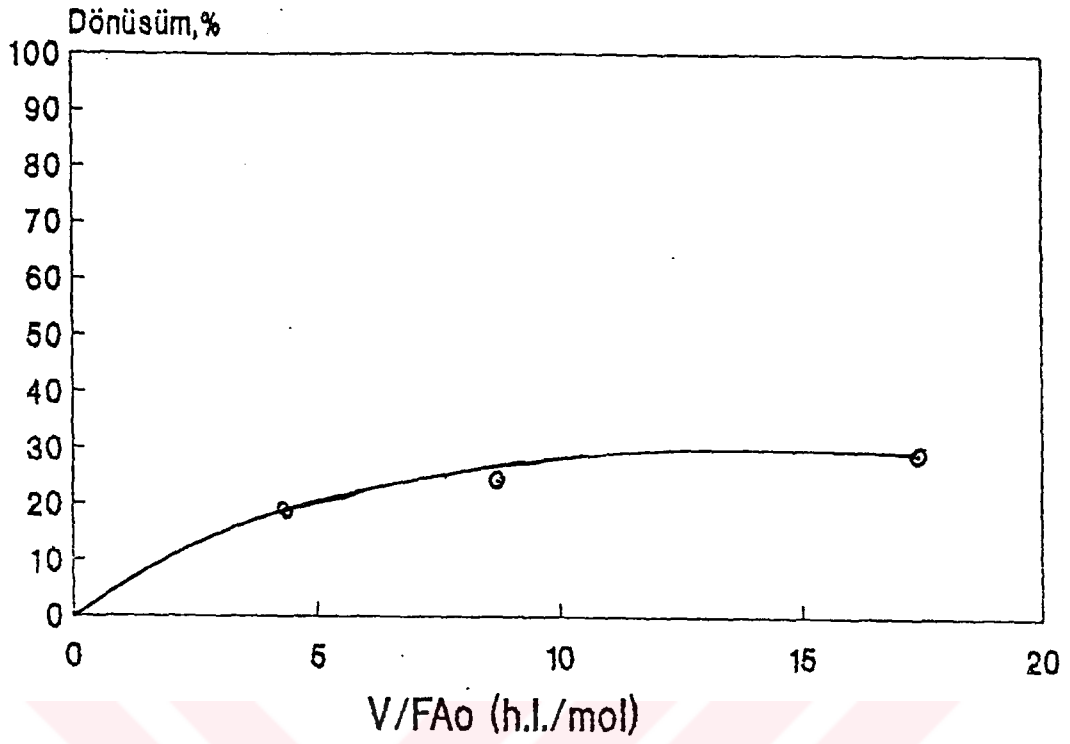
Deneý No	Katalizör Türü	Katalizör Miktarı (W) (g)	Reaktör Sıcaklığı (°C)	Ortam Basıncı (mbar)	Ortam Sıcaklığı (°C)	CO Akımı (F) (cm ³ /min)
16	Teknik Platin Kat.	0.5024	175	1009	15	50
17	Teknik Platin Kat.	0.5024	175	1009	15	100
18	Teknik Platin Kat.	0.5024	175	1009	15	200
19	Ticari Platin Kat.	0.5082	175	1009	15	50
20	Ticari Platin Kat.	0.5082	175	1009	15	100
21	Ticari Platin Kat.	0.5082	175	1009	15	200
22	Platin Kat.	0.5003	175	1009	15	50
23	Platin Kat.	0.5003	175	1009	15	100
24	Platin Kat.	0.5003	175	1009	15	200
25	Platin Kat. (Ponza)	0.5078	175	1009	15	50
26	Platin Kat. (Ponza)	0.5078	175	1009	15	100
27	Platin Kat. (Ponza)	0.5078	175	1009	15	200
28	Homojen Reaksiyon	—	175	1009	17	50
29	Homojen Reaksiyon	—	175	1009	17	100
30	Homojen Reaksiyon	—	175	1009	17	200

TABLO: 3.3. 225°C'da CO Oksidasyon Koşulları

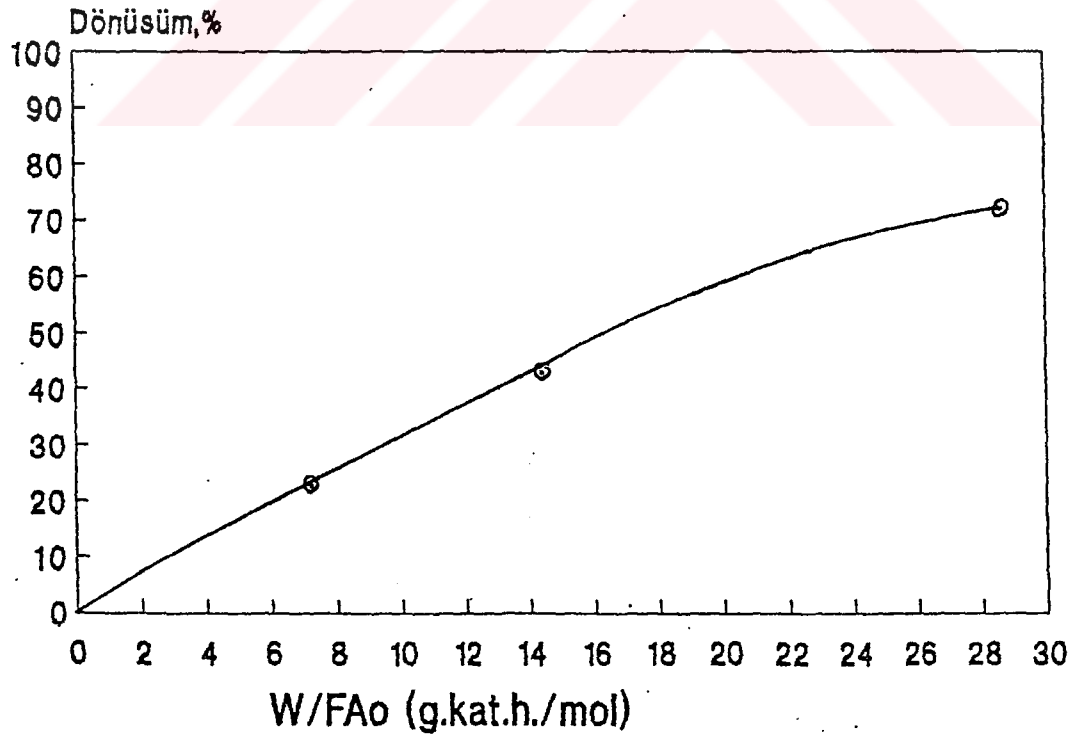
Deney No	Katalizör Türü	Katalizör Miktarı (W) (g)	Reaktör Sıcaklığı (°C)	Ortamı Basıncı (mbar)	Ortamı Sıcaklığı (°C)	CO Akımı (F) (cm ³ /min)
31	Teknik Platin Kat.	0.5071	225	1009	15	50
32	Teknik Platin Kat.	0.5071	225	1009	15	100
33	Teknik Platin Kat.	0.5071	225	1009	15	200
34	Ticari Platin Kat.	0.5038	225	1009	16	50
35	Ticari Platin Kat.	0.5038	225	1009	16	100
36	Ticari Platin Kat.	0.5038	225	1009	16	200
37	Platin Kat.	0.5179	225	1009	16	50
38	Platin Kat.	0.5179	225	1009	16	100
39	Platin Kat.	0.5179	225	1009	16	200
40	Platin Kat. (Ponza)	0.5024	225	1009	16	50
41	Platin Kat. (Ponza)	0.5024	225	1009	16	100
42	Platin Kat. (Ponza)	0.5024	225	1009	16	200
43	Homojen Reaksiyon	-	225	1009	16	50
44	Homojen Reaksiyon	-	225	1009	16	100
45	Homojen Reaksiyon	-	225	1009	16	200

TABLO: 3.4. 150°C'de Oksidasyon Hızları

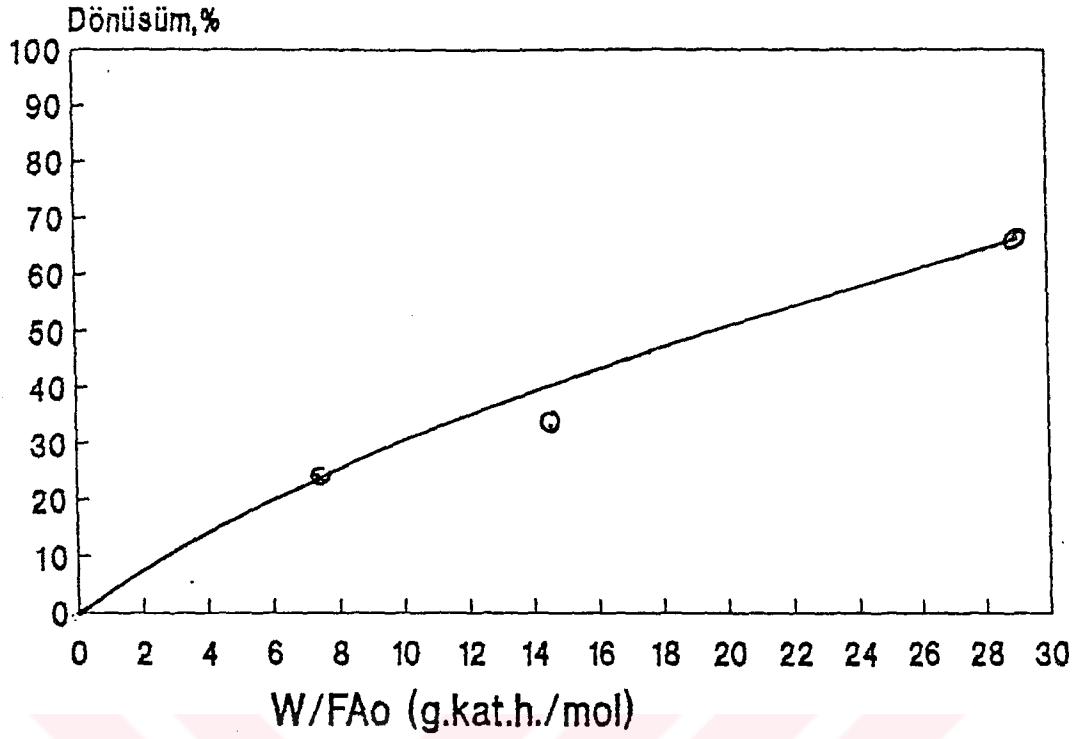
Katalizör Adı	W/F _{A0} (g.kat.h./mol)	x %	r .10 ⁵ (mol/g.kat.h.)	C .10 ⁵ (mol/l)
Teknik Pt	28606	0.72	1.0	3.76
Teknik Pt	14375	0.43	2.27	7.66
Teknik Pt	7187	0.226	2.5	10.4
Ticari	20018	0.67	1.0	4.43
Ticari	14522	0.34	2.3	8.87
Ticari	7316	0.24	3.0	10.21
Pt/Seramik	29295	0.635	1.0	4.9
Pt/Seramik	14648	0.425	2.5	7.72
Pt/Seramik	7316	0.223	2.66	10.43
Pt/Ponza	29477	0.68	0.5	4.28
Pt/Ponza	14676	0.544	2.5	6.11
Pt/Ponza	7338	0.324	4.28	9.05
Homojen	17433 (l.h./mol)	0.291	0.75 (mol/l.h.)	9.5
Homojen	8730 (l.h./mol)	0.24	0.8 (mol/l.h.)	10.1
Homojen	4350 (l.h./mol)	0.19	2.5 (mol/l.h.)	10.8



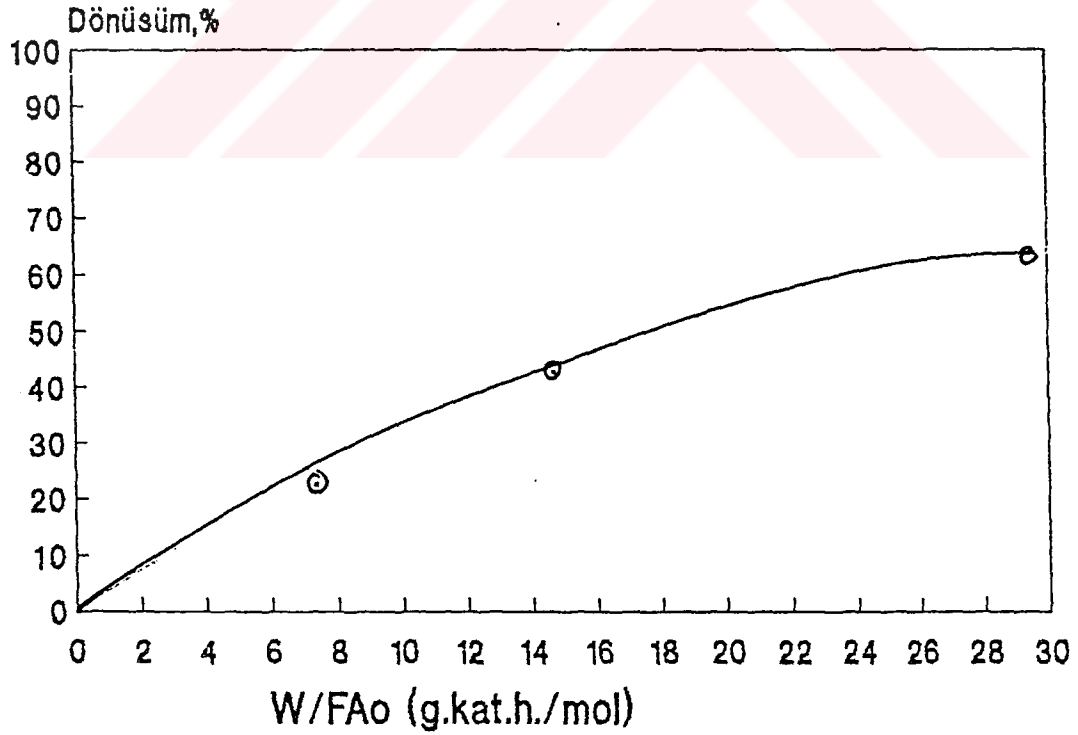
ŞEKİL: 3.4. Homojen Reaksiyonda (150°C , 101 kpa) Dönüşümler.



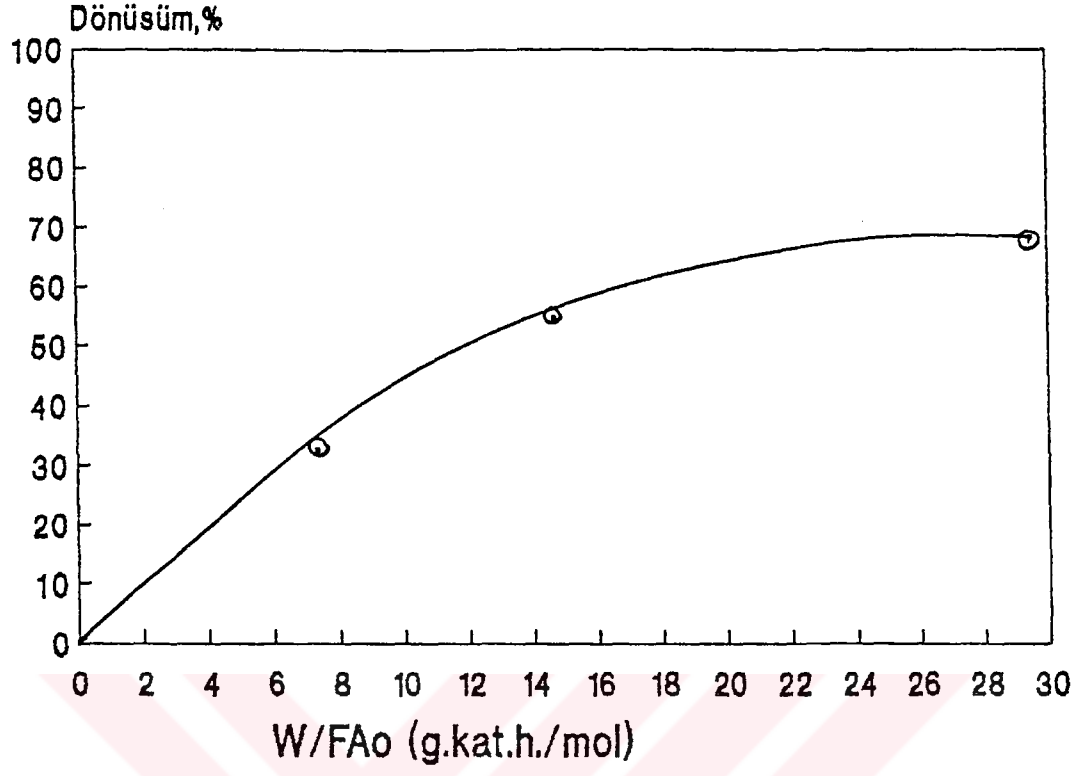
ŞEKİL: 3.5. Teknik Platin Katalizöründe (150°C , 101 kpa) Dönüşümler..



ŞEKİL: 3.6. Ticari Katalizörde (150°C, 101 kPa)
Dönüşümler



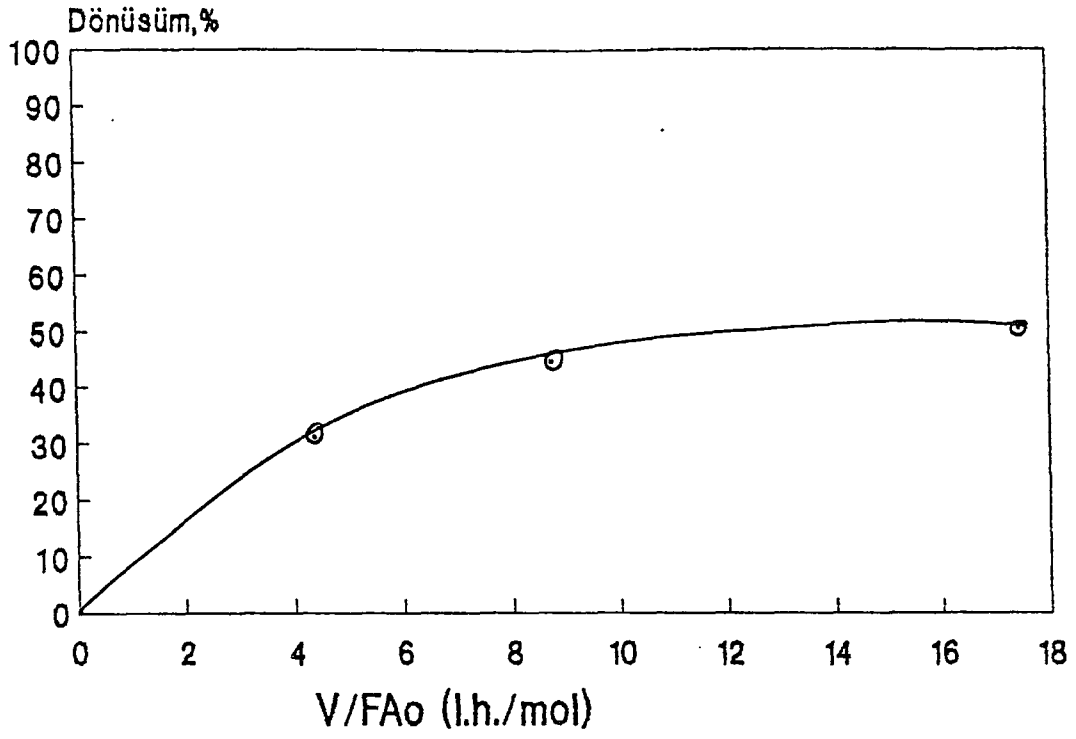
ŞEKİL: 3.7. Platin/Seramik Katalizörde (150°C, 101 kPa)
Dönüşümler



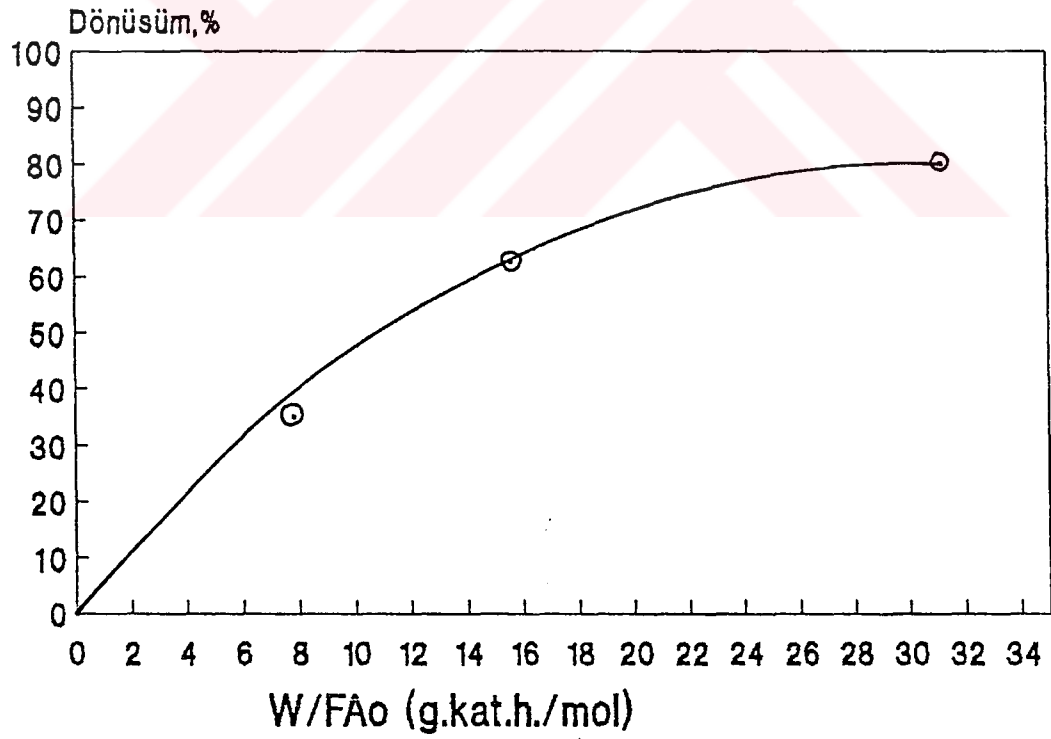
ŞEKİL: 3.8. Pt/Ponza Katalizörde (150°C, 101 kPa) Dönüşümler

TABLO: 3.5. 175°C'de Oksidasyon Hızları

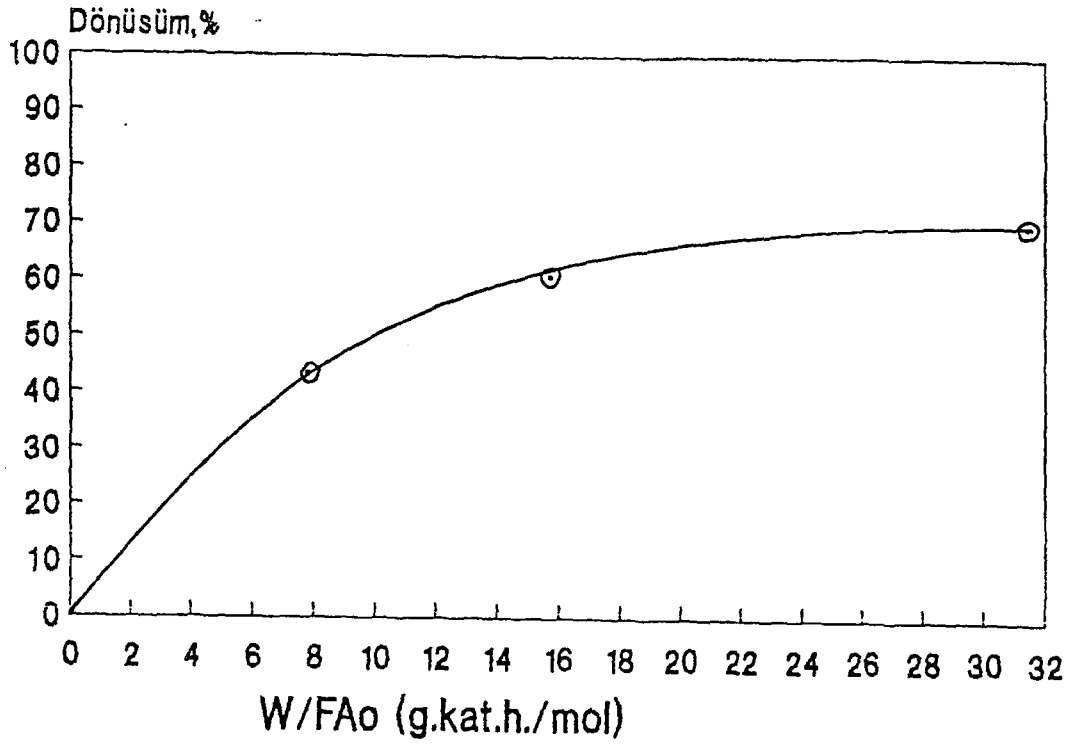
Katalizör Adı	W/F _{Ao} (g.kat.h./mol)	x %	r .10 ⁵ (mol/g.kat.h.)	C .10 ⁵ (mol/l)
Teknik Pt	31444	0.8	0.83	2.52
Teknik Pt	15566	0.625	1.87	4.73
Teknik Pt	7783	0.35	3.12	8.2
Ticari	31395	0.7	0.27	3.79
Ticari	15698	0.606	0.7	4.97
Ticari	7783	0.433	3.0	7.16
Pt/Seramik	30868	0.975	0.47	0.315
Pt/Seramik	15434	0.904	1.5	1.2
Pt/Seramik	7651	0.625	5.0	4.3
Pt/Ponza	31264	0.993	0.5	0.09
Pt/Ponza	15698	0.891	0.75	1.38
Pt/Ponza	7783	0.75	5.0	3.15
Homojen	18650 (l.h./mol)	0.5	0.7 (l.h./mol)	6.27
Homojen	9317 (l.h./mol)	0.45	2.0 (l.h./mol)	7.03
Homojen	4650 (l.h./mol)	0.32	5.0 (l.h./mol)	8.68



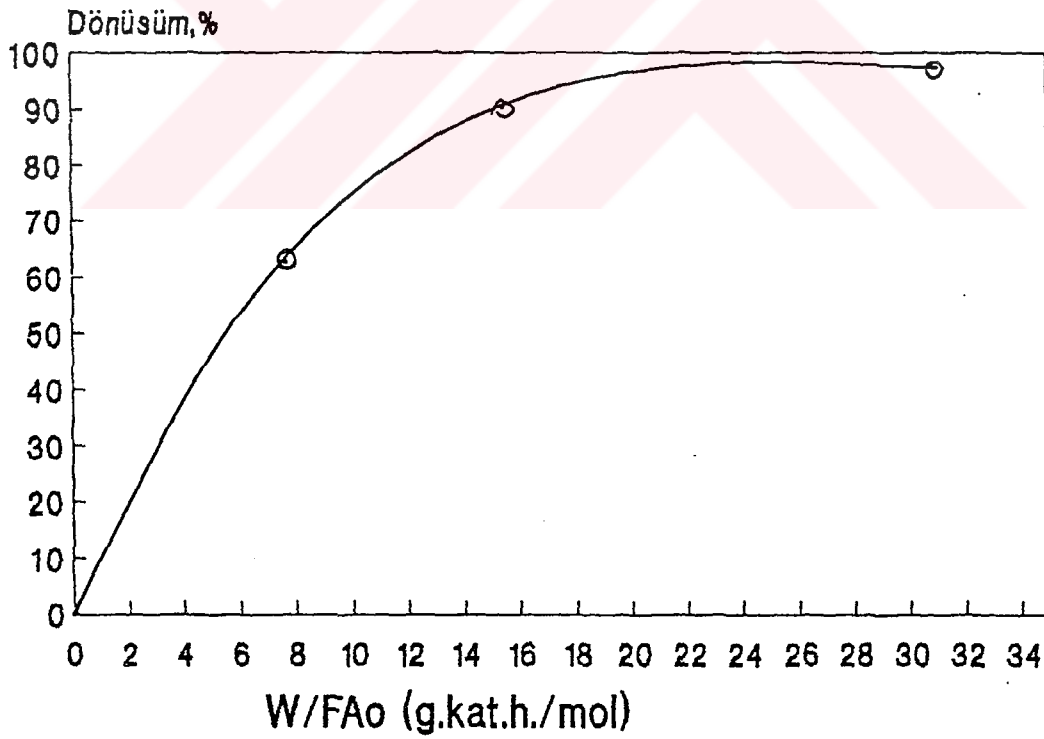
ŞEKİL: 3.9. Homojen Reaksiyonda (175°C, 101 kpa) Dönüşümler



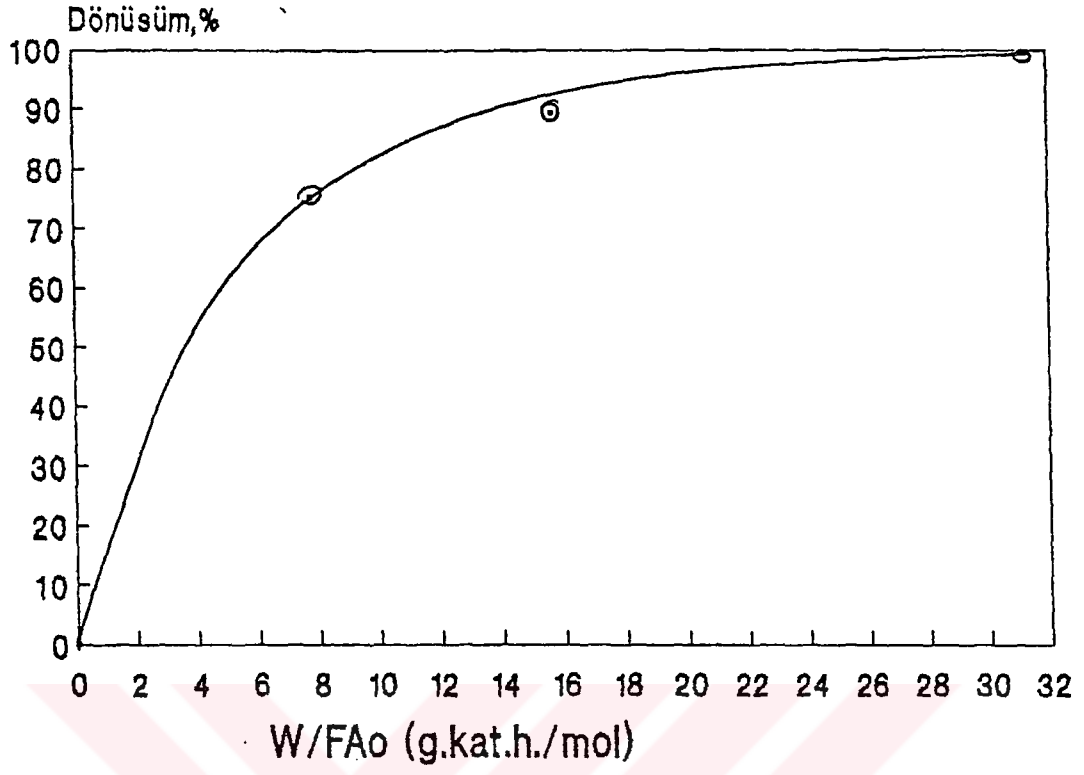
ŞEKİL: 3.10. Teknik Platin Katalizöründe (175°C, 101 kpa) Dönüşümler



ŞEKİL: 3.11. Ticari Katalizörde (175°C, 101 kpa) Dönüşümler



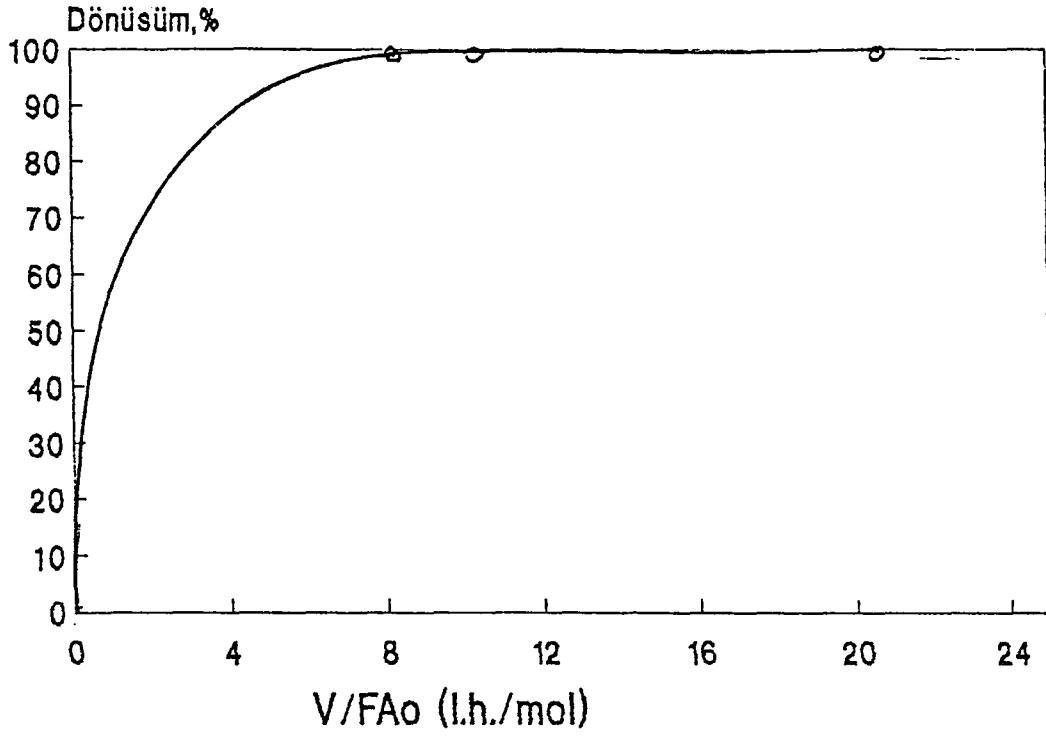
ŞEKİL: 3.12. Platin/Seramik Katalizörde (175°C, 101 kpa) Dönüşümler



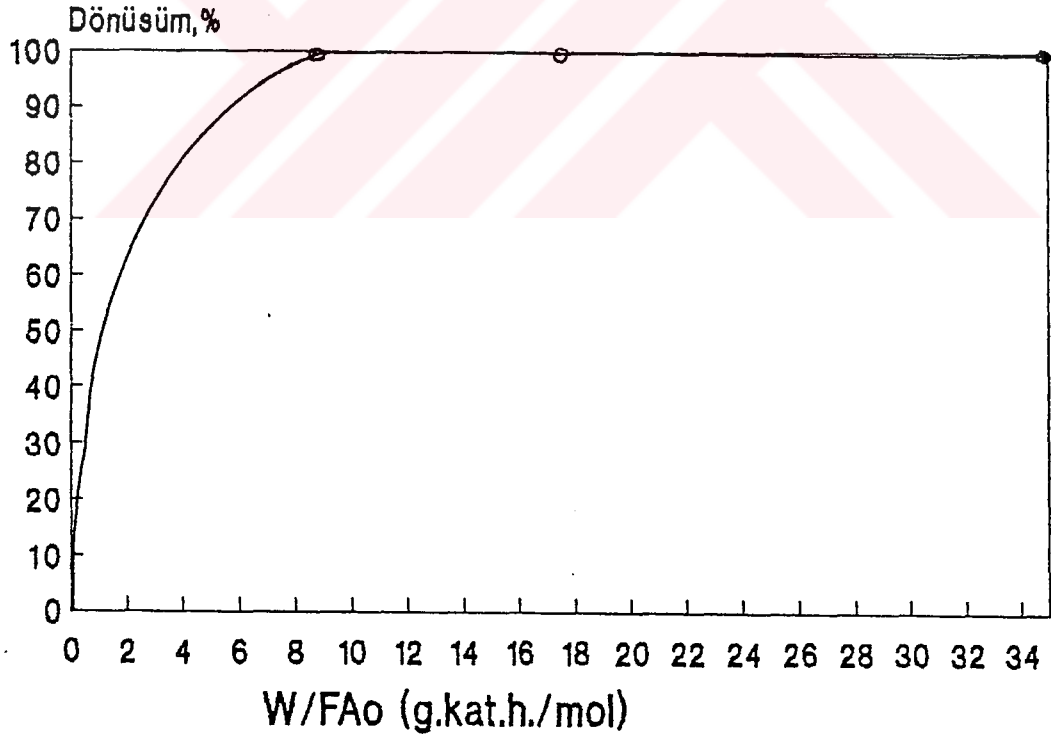
ŞEKİL: 3.13. Platin/Ponza Katalizöründe (175°C, 101 kpa) Dönüşümler

TABLO: 3.6. 225°C'de Oksidasyon Hızları

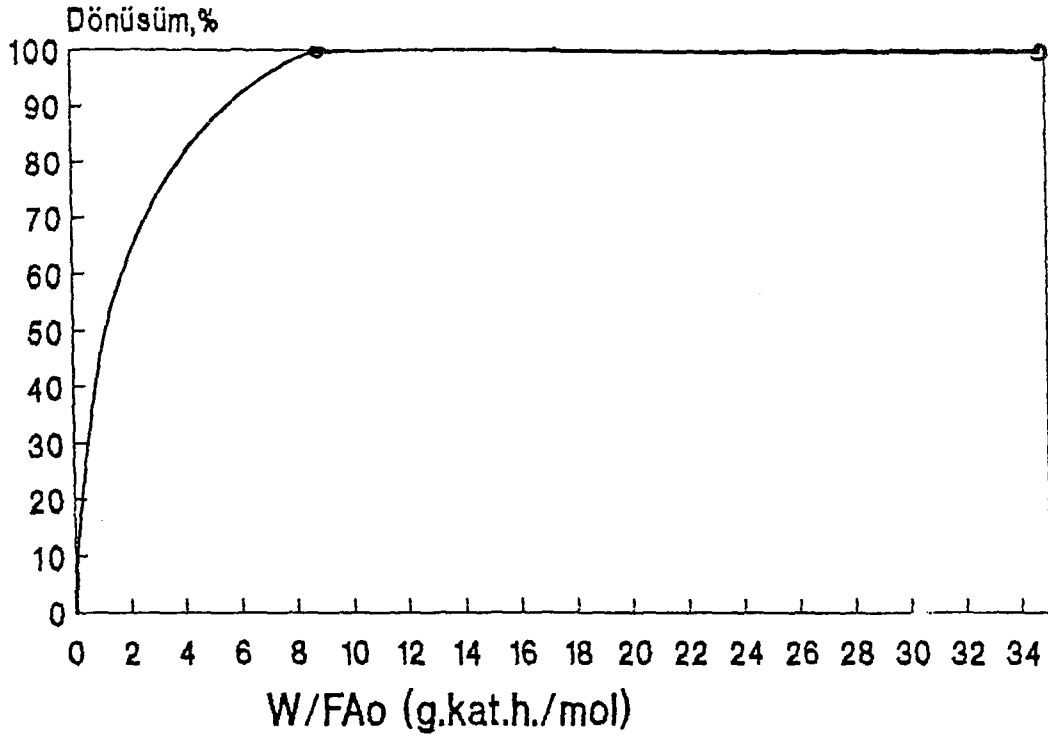
Katalizör Adı	W/F A ₀ (g.kat.h./mol)	x %	r.10 ⁵ (mol/g.kat.h.)	C.10 ⁷ (mol/l)
Teknik Pt	34829	0.995	3.0	5.68
Teknik Pt	17415	0.8	8.0	227.2
Teknik Pt	8656	0.4	15.0	681.6
Ticari	34771	0.999	1.0	1.14
Ticari	17312	0.8	6.66	227.2
Ticari	8656	0.4	28.0	681.6
Pt/Seramik	35680	0.999	2.3	1.14
Pt/Seramik	17840	0.8	6.85	227.2
Pt/Seramik	8950	0.4	35.0	681.6
Pt/Ponza	34625	0.999	2.2	1.14
Pt/Ponza	17312	0.8	10.0	227.2
Pt/Ponza	8656	0.4	20.0	681.6
Homojen	20666 (l.h./mol)	0.99	1.8 (mol/l.h.)	6.13
Homojen	10333 (l.h./mol)	0.8	12.5 (mol/l.h.)	227.2
Homojen	8166 (l.h./mol)	0.4	15.0 (mol/l.h.)	681.6



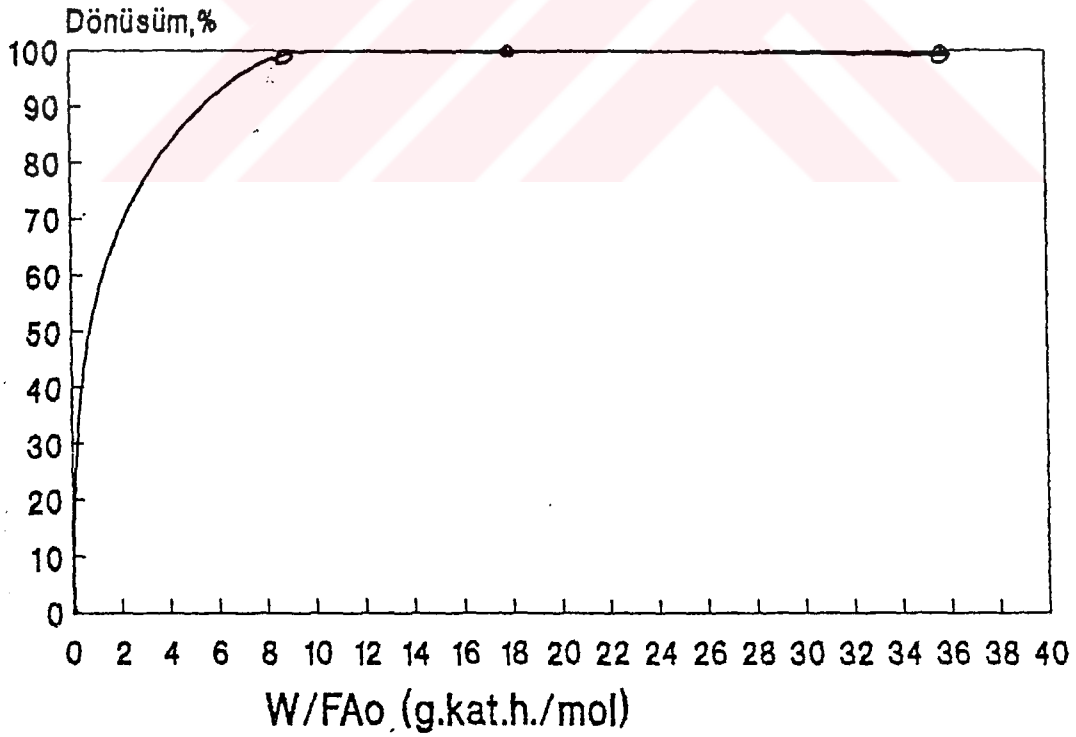
ŞEKİL: 3.14. Homojen Reaksiyonda (225°C, 101 kpa) Dönüşümler



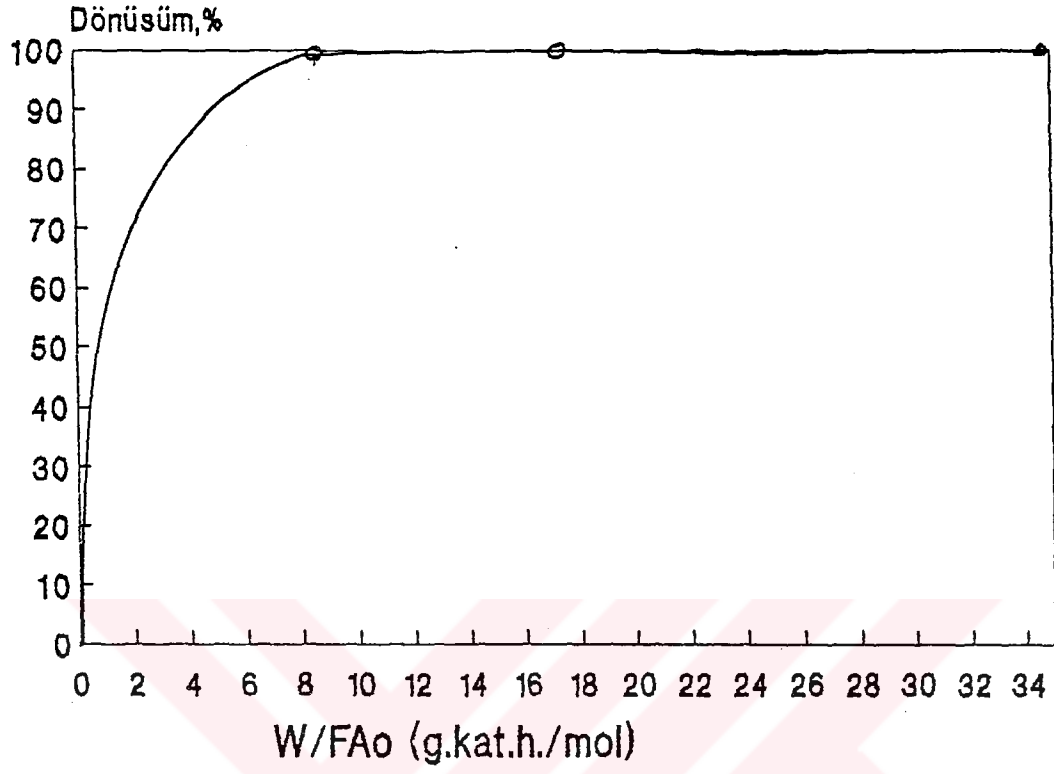
ŞEKİL: 3.15. Teknik Platin Katalizörde (225°C, 101 kpa) Dönüşümler



ŞEKİL: 3.16. Ticari Katalizörde (225°C, 101 kPa) Dönüşümler



ŞEKİL: 3.17. Platin/Seramik Katalizörde (225°C, 101 kPa) Dönüşümler



ŞEKİL: 3.18. Platin/Ponza Katalizörde (225°C, 101 kpa)
Dönüşümler

TABLO: 3.7. 150°C'de Reaksiyon Hız Sabiti ve Mertebeleri

Katalizör Adı	k	n	r
Teknik Pt	$0,83 \cdot 10^{-8}$	0.82	$r=k \cdot C^{0.82}$
Ticari	$8,88 \cdot 10^{-8}$	0.62	$r=k \cdot C^{0.62}$
Pt/Seramik	$13,4 \cdot 10^{-8}$	0.58	$r=k \cdot C^{0.58}$
Pt/Ponza	$1,765 \cdot 10^{-10}$	0.32	$r=k \cdot C^{0.32}$
Homojen	$3,9 \cdot 10^{-11}$	0.08	$r=k \cdot C^{0.08}$

TABLO: 3.8. 175°C'de Reaksiyon Hız Sabiti ve Mertebeleri

Katalizör Adı	k	n	r
Teknik Pt	$3,19 \cdot 10^{-8}$	0.87	$r=k \cdot C^{0.87}$
Ticari	$2,5 \cdot 10^{-7}$	0.26	$r=k \cdot C^{0.26}$
Pt/Seramik	$36,5 \cdot 10^{-8}$	1.15	$r=k \cdot C^{1.15}$
Pt/Ponza	$2,5 \cdot 10^{-10}$	1.52	$r=k \cdot C^{1.52}$
Homojen	$1,19 \cdot 10^{-7}$	0.17	$r=k \cdot C^{0.17}$

TABLO: 3.9. 225°C'de Reaksiyon Hız Sabiti ve Mertebeleri

Katalizör Adı	k	n	r
Teknik Pt	$5,68.10^{-7}$	0	$r=5,68.10^{-7}$
Ticari	$1,14.10^{-6}$	0	$r=1,14.10^{-7}$
Pt/Seramik	$1,14.10^{-7}$	0	$r=1,14.10^{-7}$
Pt/Ponza	$1,14.10^{-7}$	0	$r=1,14.10^{-7}$
Homojen	$3,312.10^{-6}$	0.155	$r=3,312.10^{-6}C^{0.155}$

TABLO: 3.10. Katalizörlerin Aktivasyon Enerjileri

Katalizör Adı	A	E (kcal/mol)
Teknik Pt	$3,75.10^{-6}$	5138
Ticari	0.35	12752
Pt/Seramik	$57,0.10^6$	21606
Pt/Ponza	$2,22.10^{25}$	29114
Homojen	$3,22.10^{14}$	48167

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1)- 150°C'da gerçekleşen CO oksidasyonunda en yüksek reaksiyon mertebesi sırasıyla Teknik Platin, Ticari, Platin (seramik), Pt(ponza) katalizörleri ile elde edilmiştir. Homojen reaksiyonda mertebe 0.083 iken teknik platin katalizörü ile 0.82 olmuştur. Reaksiyon hızları en yüksek değere doğru sırasıyla Teknik Platin, Ticari, Platin (seramik), Platin(panzo) katalizörlerindedir. Homojen reaksiyonun reaksiyon mertebesi 0'dır.

2)- 175°C'da gerçekleşen CO oksidasyonu deneylerinde en yüksek reaksiyon mertebesi ise sırasıyla Platin (ponza), Platin, teknik platin, ticari katalizörde sağlanmıştır. Mertebe homojen reaksiyonda 0.17 iken Platin (ponza) katalizörde 1.52 elde edilmiştir.

3)- 225°C'da tüm katalizörlerde 7.5, 15 ve 30 W/FA₀ (g.kat. h/mol), değerlerinde dönüşümler % 100'e yaklaştığından, kinetik hesaplarda söz konusu edilmemiştir. Kullanılan 4 farklı özellikteki katalizörlerin CO oksidasyonunda etkili olduğu görülmektedir.

4)- Katalizörsüz aktivasyon enerjisi 50.000 kcal/mol civarındadır. Katalizörlü deneylerde ise 5000-30000 kcal/mol civarında bulunmuştur.

5)- 150-225°C sıcaklıklar arasında 101kPa basınçta, 5000-3000 ppm CO derişimleri arasında 7,5, 15 ve

30 (g.kat h/mol) W/FA₀ yaklaşık değerlerinde ticari ve laboratuvar da elde edilen platin katalizörlerin CO dö-nüşümlerinde başarılı olduğu ve aktivitelerinin de sıra-sı ile Platin(seramik), Pt Teknik,Platin/(ponza) ,Ticari katalizör olduğu görölmüşür.

6)- 150⁰C, 175⁰C'lerde tüm katalizörlerde bulunan mertebeler CO'in tepkimeye 1.derecede reaksiyona girdi-ęini göstermiştir.

KAYNAKLAR

- [1] ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY, Kirk Othmer, Third Edition, Cilt 4, (1978).
- [2] SCHWAB, G.M., PIETSCH, E., Z. Phys.Chem., 121,189 (1926).
- [3] SCHWAB, G.M., SCHWAB-AGALLIDIS, E., Naturwissenschaften 31, 322 (1943).
- [4] PARRAVANO, G., J. Am.Chem. Soc. 75,1352, 1448(1953).
- [5] KEIER, N.P., ROGINSKII, S.Z., SAZONOVA, P.S., c.r. Acad. Sci. U.R.S.S. 106,859, (1956).
- [6] DRY, M.E., STONE, F.S., Disc. Faraday Soc.28,192, (1959).
- [7] DE BOER, J.H., Adv. Catalysis 9, 472 (1957).
SCHWAB, G.M., Adv., Catalysis 9, 496(1957).
- [8] SCHWAB, G.M., "Semiconductor Surface Physics", P.283, University of Pennsylvania Press, Philadelphia (1957).
- [9] STONE, F.S., Adv. Catalysis 13,1 (1962).
- [10] ROONEY, J.J., GAULT, F.G., KEMBALL, C., Proc.Chem. Soc. 407 (1960).
- [11] YEAL, K.C., YONG, C.L., HYON, B.H., Gap (Eng., Hanyang Univ. Seaul, S. Korea, Hwajok Konghok 1989, 27(1), 130-7 Korean.
- [12] RAKITSKAYA, T.L., Paina, V.Ya. (Odess. Gos.Univ. odessa, USSR), Kinet.Katal. 31(2),371-5 Russ.(1990).
- [13] GRAILOV, D.N., MUSAKIN, G.A., FEDOROV, N.F., Zh. Prikl.Khim (Leningrad) 43(5), 1125-8 (Russ), (1990).
- [14] BORISOVISH, I.G., ANTOSHIN, G.V. CUSSRJ, Izv.Akad. Nauk. Gruz. U.S.S.R. Ser. Khim 16(4) 308-10 (Georgian).

- [15] RAJADURAI, S., CARBERRY, J.J., ALCADO, C.B., Dep. Chem.Eng. Univ. Notre Dame, Notre Dame, In 46556 (USA), 131(2), 582-9(Eng) (1991).
- [16] MEKHANDZHIEV, D., SPASAVA, I., KVACHKOV, R., (Inst. Gem.Inorg. Chem. 1040 Safio Bulg.). React. Kinet.Catal. Lett. 44(2) 337-43(Eng) (1991).
- [17] STERBA, M.J., Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev., 15,3, (1976).
- [18] KAKATI, K.K., J. Phys.D.Appl.Phys. 6, 1307),(1973).
- [19] ANDRFIKOV, E.I., Kinet. Catal. (USSR), 12,834, (1971).
- [20] ARMAĞAN, T., Reaktör Tasarımı, İstanbul Kimya-Metürji Fakültesi Ofset Atölyesi, (1992)
- [21] ÇEŞMELİLER, A., "CO Öksidasyonu" Bitirme Tezi, (1989).

ÖZGEÇMİŞ

1968 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğrenimini Neslişah İlkokulu'nda, Orta öğrenimini Fatih Vatan Lisesi'nde tamamladı. 1985 yılında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünden 1990 yılında mezun oldu. 1990-1991 kış yarısında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya-Metalurji Anabilim Dalı Kimya Mühendisliği Programında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 1991 yılından beri Proses ve Reaktör Tasarımı Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

İ. T. Ü. KURNEKOGRETIM KURULU
KURNEKOGRETIM KURULU
KURNEKOGRETIM KURULU