

DOĞRUSAL KATILAŞTIRILMIŞ SUCCİNONİTRİL-ASETON ALAŞIMININ MİKROYAPI PARAMETRELERİNİN KATILAŞTIRMA PARAMETRELERİNE BAĞLILIĞI

E.ÜSTÜN¹, E.ÇADIRLI^{1*}, H.KAYA¹, K.KEŞLİOĞLU²

¹ Niğde Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü NİĞDE
² Erciyes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü KAYSERİ

ÖZET

Succinonitril-ağ. % 3.61 Aseton organik alaşımı sabit büyütme hızında ($V = 6.5 \mu\text{m/s}$) beş farklı sıcaklık gradyenti için ($G = 3.53-5.70 \text{ K/mm}$) ve sabit sıcaklık gradyentinde ($G = 5.70 \text{ K/mm}$) beş farklı büyütme hızı için ($V = 6.5-113.0 \mu\text{m/s}$) tek yönlü doğrusal olarak katılaştırılmıştır. Birincil dendrit kol mesafesi, ikincil dendrit kol mesafesi, dendrit uç yarıçapı ve yumuşak bölge derinliği ölçülmüştür. Katılaştırma parametrelerinin (G , V) değerinin artmasıyla mikroyapı parametrelerinin (λ_1 , λ_2 , R ve d) değerinin azaldığı gözlenmiştir. Elde edilen mikroyapı parametreleri ile literatürdeki deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Doğrusal katılaştırma, Organik bileşikler, Mikroyapı parametreleri.

DEPENDENCY OF MICROSTRUCTURE PARAMETERS ON THE SOLIDIFICATION PARAMETERS IN THE DIRECTIONALLY SOLIDIFIED SUCCINONITRILE- ACETONE ALLOY

ABSTRACT

Succinonitrile-3.61wt.% Acetone alloy was unidirectionally solidified with a constant growth rate ($V = 6.5 \mu\text{m/s}$) at five different temperature gradients ($G = 3.53-5.70 \text{ K/mm}$) and with a constant temperature gradient ($G = 5.70 \text{ K/mm}$) at five different growth rates ($V = 6.5-113.0 \mu\text{m/s}$). The primary dendrite arm spacings, secondary dendrite arm spacings, dendrite tip radius and mushy zone depth were measured. The values of microstructure parameters (λ_1 , λ_2 , R and d) decrease as the values of solidification parameters (G and V) increase. The obtained results for the microstructure parameters have been compared with the experimental observations, and a comparison of our results with the previous experimental results have also been made.

Keywords: Directional solidification, Organic compounds, Microstructure parameters.

*E-mail : ecadirli@nigde.edu.tr

Tel : 0 388 225 21 64

1. GİRİŞ

Organik malzemelerde katı-sıvı arayüzeyinin düzlemsel olarak katılaşması pek çok araştırmacı tarafından incelenmiş ve arayüzey kararsız hale geldiğinde hücrel ve daha sonra da dendritik katılaşma başladığı gözlenmiştir. Burada araştırmacıların amacı, kontrol edilebilen katılaşma parametreleri V , G ve C_0 yardımıyla, mikroyapı parametreleri olan λ_1 , λ_2 , R ve d' yi ölçmek ve bunlar arasında ilişkiler kurabilmektir. Tablo 1'de bazı organik malzeme ve alaşım sistemlerinde mikroyapı parametrelerinin katılaşma parametrelerine bağımlılığını inceleyen çalışmalar [1-12] gösterilmiştir.

Bu çalışmanın amacı ise; Succinonitril-ağ.% 3.61 Aseton ikili organik alaşımında mikroyapı parametrelerinin katılaşma parametreleri ile değişimini incelemek ve aralarında nasıl bir ilişki olduğunu araştırmaktır.

Tablo 1. Bazı organik malzeme ve alaşım sistemlerinde mikroyapı parametrelerinin katılaşma hızı ve sıcaklık gradyentine göre değişimini inceleyen deneysel çalışmaların sonuçları.

Sistem	Sıcaklık Gradyenti G (K/mm)	Katılaşma Hızı V ($\mu\text{m/s}$)	Bağıntılar	Kaynak
SCN-%13 ağ. ACE	2	7.25-11.35	$\lambda_1 = kV^{-0.58}$	[1]
SCN-%25 ağ. ETH	4.8	3-54	$\lambda_1 = 470V^{-0.42}$	[2]
SCN-%2.5 ağ. Benzil	1.6-9.5	56-92	$\lambda_1 = kG^{-0.50} V^{-0.25}$	[3]
SCN-%(0.15-5) ağ. ACE	3.8	48-225	$\lambda_1 = kG^{-0.50} V^{-0.25}$	[3]
SCN-%1.4 ağ. Su	6.24	140	$\lambda_1 = kG^{-0.50}$	[4]
SCN-%(0.001-0.004) mol Salol	6-15	60-160	$\lambda_1 = 0.16G^{-1/3} V^{-1/3} X_0^{-1/3}$	[5]
SCN-%(0.001-0.004) mol ACE	6-15	60-160	$\lambda_1 = 0.17G^{-1/3} V^{-1/3} X_0^{-1/3}$	[5]
SCN-%(0.001-0.004) mol ETH	6-18	60-160	$\lambda_1 = 0.25G^{-1/3} V^{-1/3} X_0^{-1/3}$	[5]
SCN-%4 ağ. ACE	6.7	1-100	$\lambda_1 = kV^{-0.37}$	[6]
Camphen	6.94	6.6-116.5	$\lambda_1 = kV^{-0.25}$	[7]
Camphen	2.25-6.94	6.6	$\lambda_1 = kG^{-0.47}$	[7]
SCN-%4 ağ. ACE	6.7	3.4-5.8	$\lambda_2/V = 2$	[8]
SCN-%5.5 mol. ACE	---	---	$\lambda_2 \propto V^{-0.56}$	[9]
SCN-%1.3 ağ. ACE	1.6-9.7	1.6-250	$\lambda_2 \propto V^{-0.51}$	[10]
SCN-%4 ağ. ACE	6.7	1-100	$\lambda_2 = kV^{-0.56}$	[6]
Camphen	2.25-6.94	6.6	$\lambda_2 = kG^{-0.48}$	[7]
SCN-%1.3 ağ. ACE	1.6-9.7	1.6-250	$R \propto V^{-0.53}$	[10]
SCN-%2 ağ. Su	2.4-3.3	0.76-105	$R \propto V^{-0.43}$	[11]
Camphen	2.25-6.94	6.6	$R = kG^{-0.50}$	[7]
PVA	1.638	6.7-85.8	$R = kV^{-0.50}$	[12]
PVA	1.638-4.864	19.6	$R = kG^{-0.46}$	[12]
Camphen	6.94	6.6-116.5	$d = kV^{-0.22}$	[7]
Camphen	2.25-6.94	6.6-116.5	$d = kG^{-0.65}$	[7]

SCN: Succinonitrile, ETH: Ethanol, ACE: Acetone, PVA: Pivalic Acid

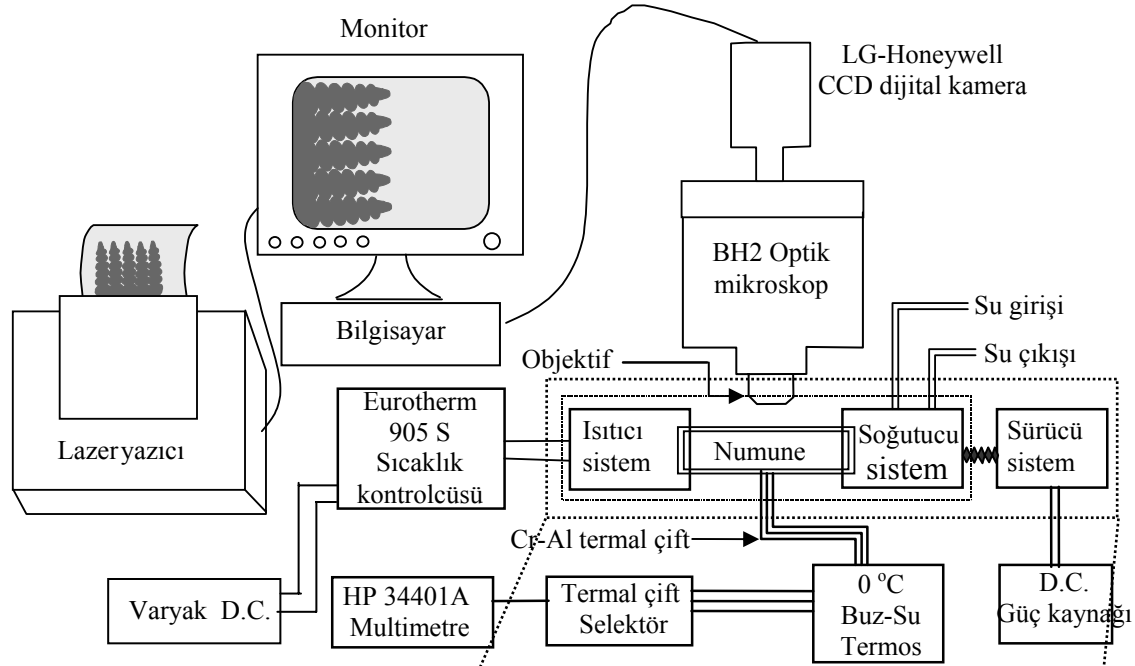
2. DENEY SİSTEMİ VE DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Numune Hazırlama

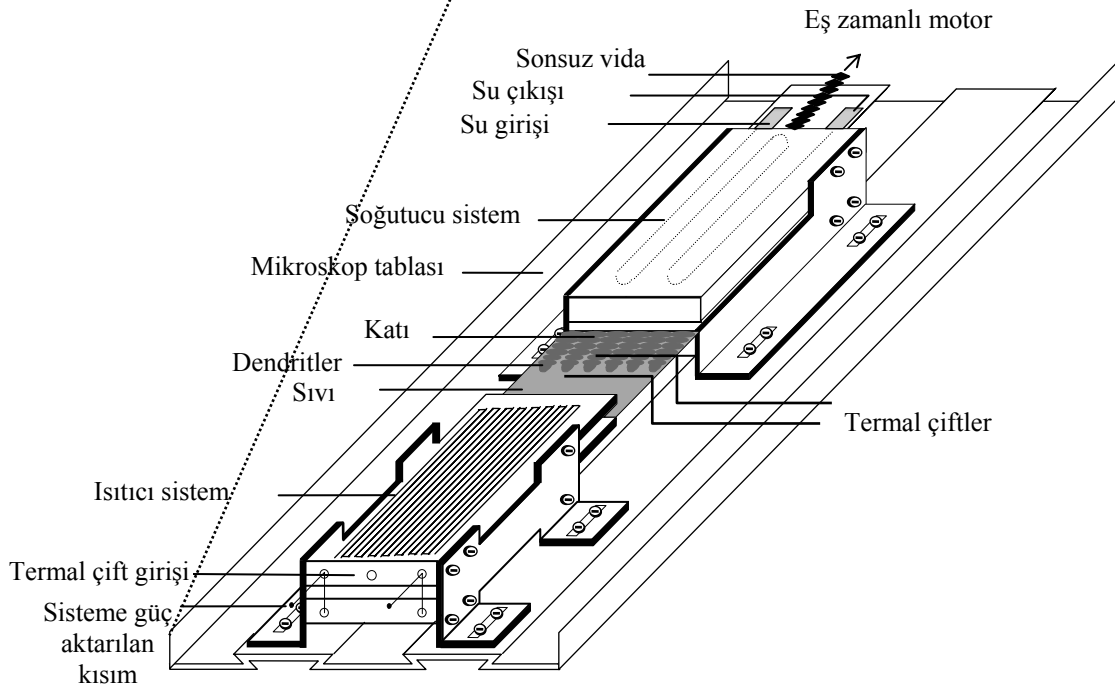
Bu çalışmada % 99.5 saflıktaki Succinonitril içerisine ağırlıkça %3.61 Aseton katılarak etüv içerisinde Succinonitrile-%3.61 Aseton alaşımı hazırlanmıştır. Daha sonra eriyik haldeki bu alaşım, boyutları $50 \times 24 \times 0.1$ mm olan cam lameller arasına kılcallık etkisiyle doldurulmuş ve katılaşmaya hazır hale getirilmiştir.

2.2. Deneysel Sistemin Tanıtılması

Deneysel sistemi, farklı sıcaklık gradyenti ve farklı katılaştırma hızlarına ayarlanabilmesi, mikroyapı parametrelerinin hassas olarak ölçülmesi ve deney süresince katılaştırma anının fotoğraflarını çekmeye olanak sağlayabilmesi gibi özellikler göz önünde bulundurularak Şekil 1a'da görüldüğü gibi kuruldu.



Şekil 1a. Deneysel düzeneğin şematik diyagramı.



Şekil 1b. Sıcaklık Gradyenti Sisteminin Şematik Görünüşü.

Şekil 1.a'dan da görüldüğü gibi sıcaklık gradyent sistemi, CCD kamera ve diğer ekipmanlar Olympus BH2 marka mikroskop üzerine monte edildi. İşlem sıcaklığı ayarlanıp, sisteme güç verildi. Katı-sıvı arayüzeyi dengeye geldikten sonra katılaştırma deneyleri ilk önce katılaştırma hızı sabit tutularak (6.5 µm/s) beş farklı sıcaklık gradyenti için yapıldı. Daha sonra, sıcaklık gradyenti sabit tutularak sırasıyla 1, 2, 5, 10 ve 20 devir/dakika hızlarındaki senkronize sürücü motorlar ile numune sıcak bölgeden soğuk bölgeye çekilmek suretiyle beş farklı hızda katılaştırıldı. Katılma esnasında değişik objektifler kullanılarak elde edilen dendritlerin fotoğrafları CCD kamera yardımıyla çekildi bilgisayara kaydedildi.

2.3. Katılaştırma Parametrelerinin Ölçümü

2.3.1. Sıcaklık Gradyentinin Ölçümü

Numune kararlı duruma geldikten sonra, sisteme bağlı sürücü motor çalıştırılmış ve numune soğutucu sisteme doğru çekilerek katılaştırma başlatılmıştır. Katılan arayüzey numune içinde bulunan 1. termal çifte ulaştığı anda hem T_1 hem de T_2 sıcaklığı yaklaşık eş zamanlı olarak HP 34401A model multimetre yardımıyla e.m.k cinsinden ölçülmüştür. Termal çiftler arasındaki sıcaklık farkının (ΔT) termal çiftler arası mesafeye (ΔX) bölünmesi ile sıcaklık gradyenti K/mm cinsinden (1) denklemi yardımıyla hesaplanmıştır.

$$G = \frac{\Delta T}{\Delta X} = \frac{T_2 - T_1 (K)}{X_2 - X_1 (mm)} \quad (1)$$

Burada T_1 ve T_2 sırasıyla birinci ve ikinci termal çiftlerin ölçmüş olduğu sıcaklıklar, $X_2 - X_1$ ise birinci ve ikinci termal çiftleri arasındaki mesafedir.

2.3.2. Katılma Hızının Ölçümü

Katılma başlatıldıktan sonra arayüzey birinci termal çifte geldiğinde kronometre çalıştırılmış, arayüzey ikinci termal çifte geldiğinde kronometre durdurulmuş ve geçen zaman saniye cinsinden ölçülmüştür. Birinci ve ikinci termal çiftler arasındaki mesafe mikroskop üzerinde bulunan verniyeden okunarak, katılma hızı µm/s cinsinden (2) denklemi yardımıyla hesaplanmıştır.

$$V = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

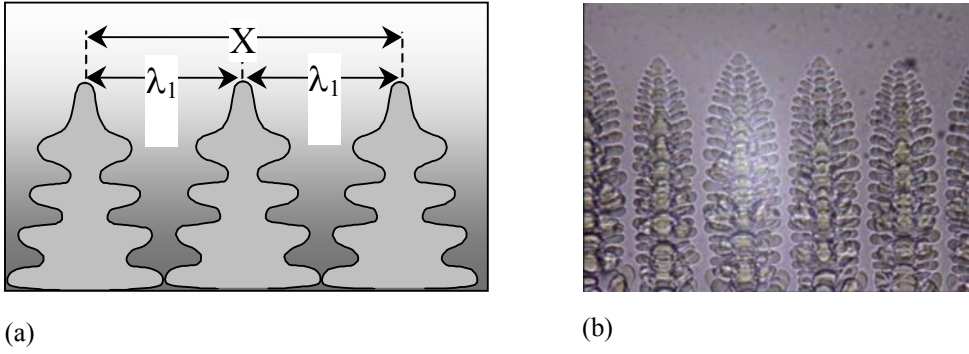
2.4. Mikroyapı Parametrelerinin Ölçülmesi

2.4.1 Birincil Dendrit Kolları Arası Mesafe ve Ölçümü

Birincil dendrit kollar arası mesafe (λ_1) Şekil 2'de gösterilen en yakın iki dendrit gövdesinin merkezden merkeze olan mesafesi olarak bilinir. Fotoğraf üzerindeki toplam birincil kollar arası mesafe, toplam aralık sayısına bölünerek gerçek değerlere yakın mesafeler elde edilmiştir.

$$\lambda_1 = \frac{X}{n_1 - 1} \quad (3)$$

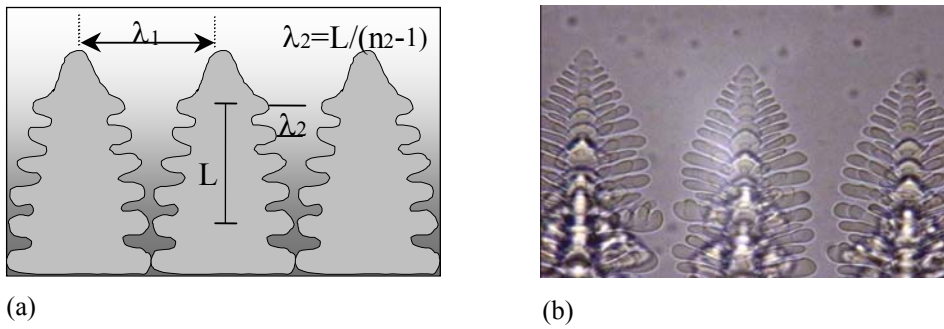
Burada X birincil dendritler arasındaki toplam uzunluk, n_1 ise birincil dendrit kollarının sayısıdır.



Şekil 2. a) Birincil dendrit kol mesafesinin şematik gösterimi b) Organik malzemede dendritlerin fotoğrafı.

2.4.2. İkincil Dendrit Kolları Arası Mesafe ve Ölçümü

İkincil dendrit kolları arası mesafe olarak bilinen λ_2 , Şekil 3'de görüldüğü gibi ana dendrit gövdesine dik olarak yana doğru büyüyen ikincil kollar arasındaki mesafedir. Ölçümler uç kısma yakın bölgeden mümkün olduğu kadar fazla sayıda alınarak denklem (4) yardımıyla hesaplanmıştır.



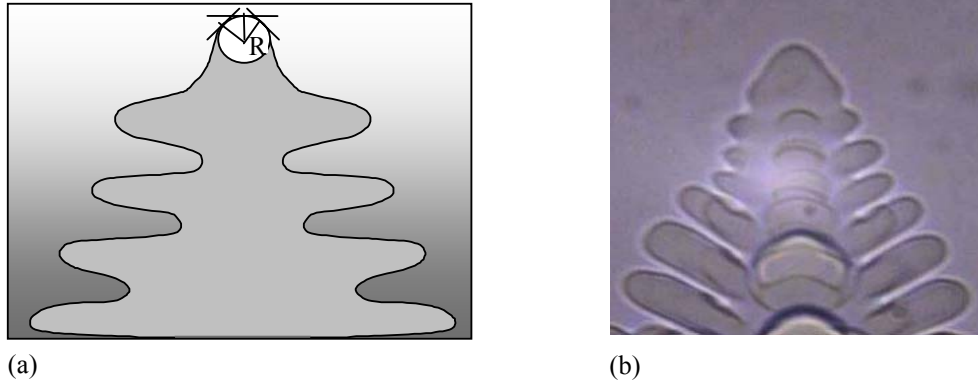
Şekil 3.a) İkincil dendrit kolları arası mesafenin şematik gösterimi, b) Organik malzemede dendritlerin fotoğrafı.

$$\lambda_2 = \frac{L}{n_2 - 1} \quad (4)$$

Burada L ikincil dendritler arasındaki toplam uzunluk, n_2 ise ikincil dendrit kollarının sayısıdır.

2.4.3. Dendrit Uç Yarıçapı ve Ölçümü

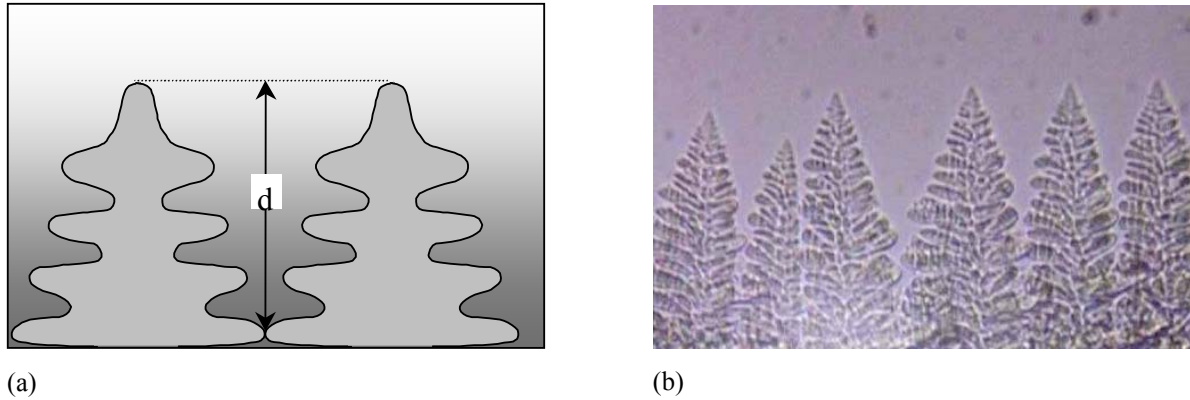
Şekil 4'de şematik olarak çizilen bir dendrit yapısında görüldüğü gibi, uç kısım parabolik biçime sahiptir. Bu uç kısma birkaç noktadan teğetler çizilip, teğetlerin eğri ile temas noktalarından çizilen diklerin kesim noktası o uç eğrisine ait çemberin merkezini vermektedir. Çemberin yarıçapı olan R, dendrit uç yarıçapı olarak bilinir. Ölçümlerin hassas olması için bu uç kısımlar gerçek değerlerinden yaklaşık 1000 kat büyütülerek yapılmıştır.



Şekil 4. a) Dendrit uç yarıçapının gösterimi şematik gösterimi, b) Organik malzemedeki görüntüsü.

2.4.4. Yumuşak Bölge Derinliği ve Ölçümü

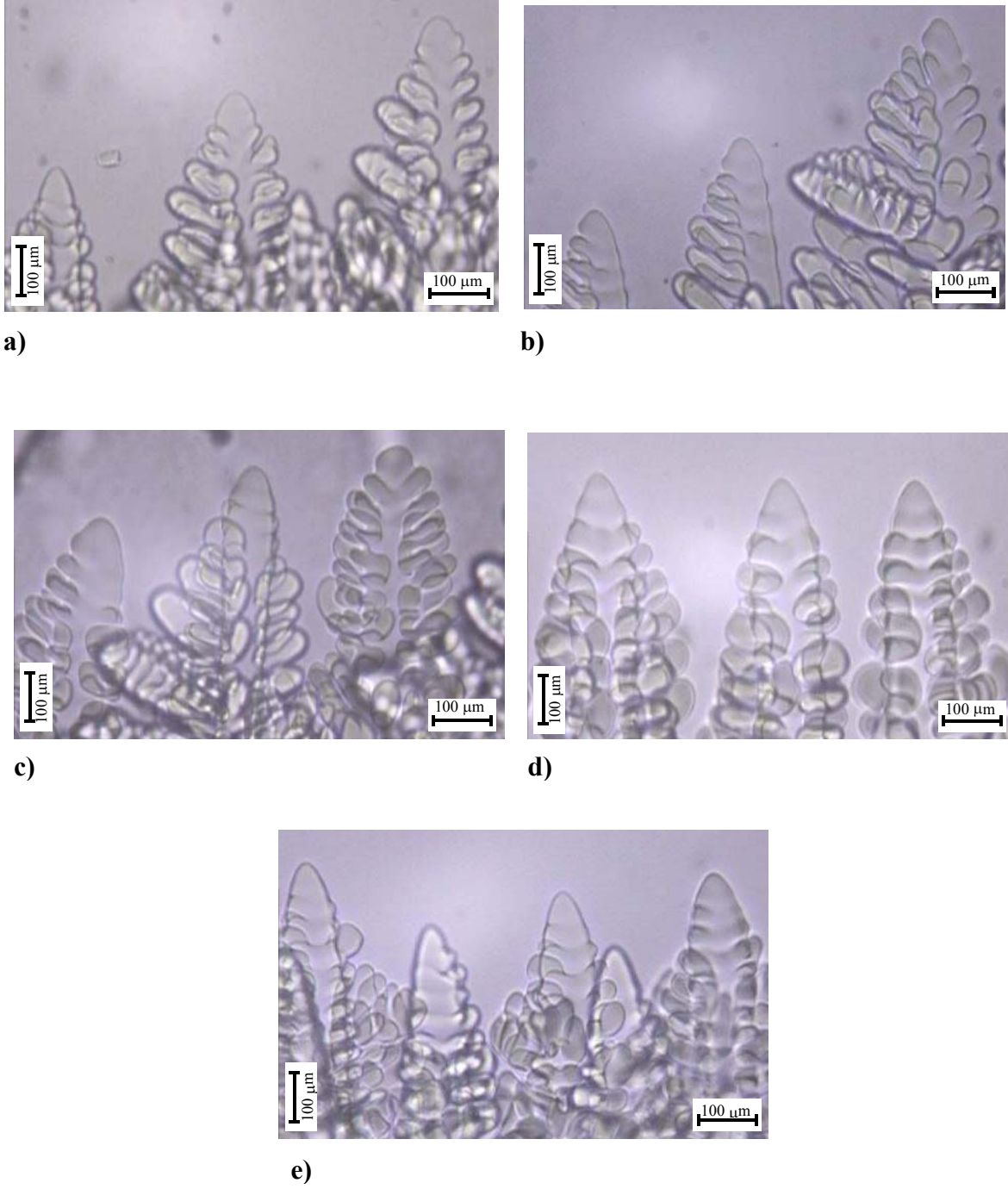
Yumuşak bölge derinliği d , katı ve sıvının bir arada bulunduğu yani birbirine paralel dendritler ve arasında sıvı fazın oluşturduğu hamur bölgenin derinliğidir (Şekil 5). Yine bu parametrenin ölçümünde dendritlerin dip kısımlarındaki temas noktası (ikincil kollardan birbirine geçtiği kısım) belirgin olarak tespit edildikten sonra çok sayıda ölçüm alınmıştır.



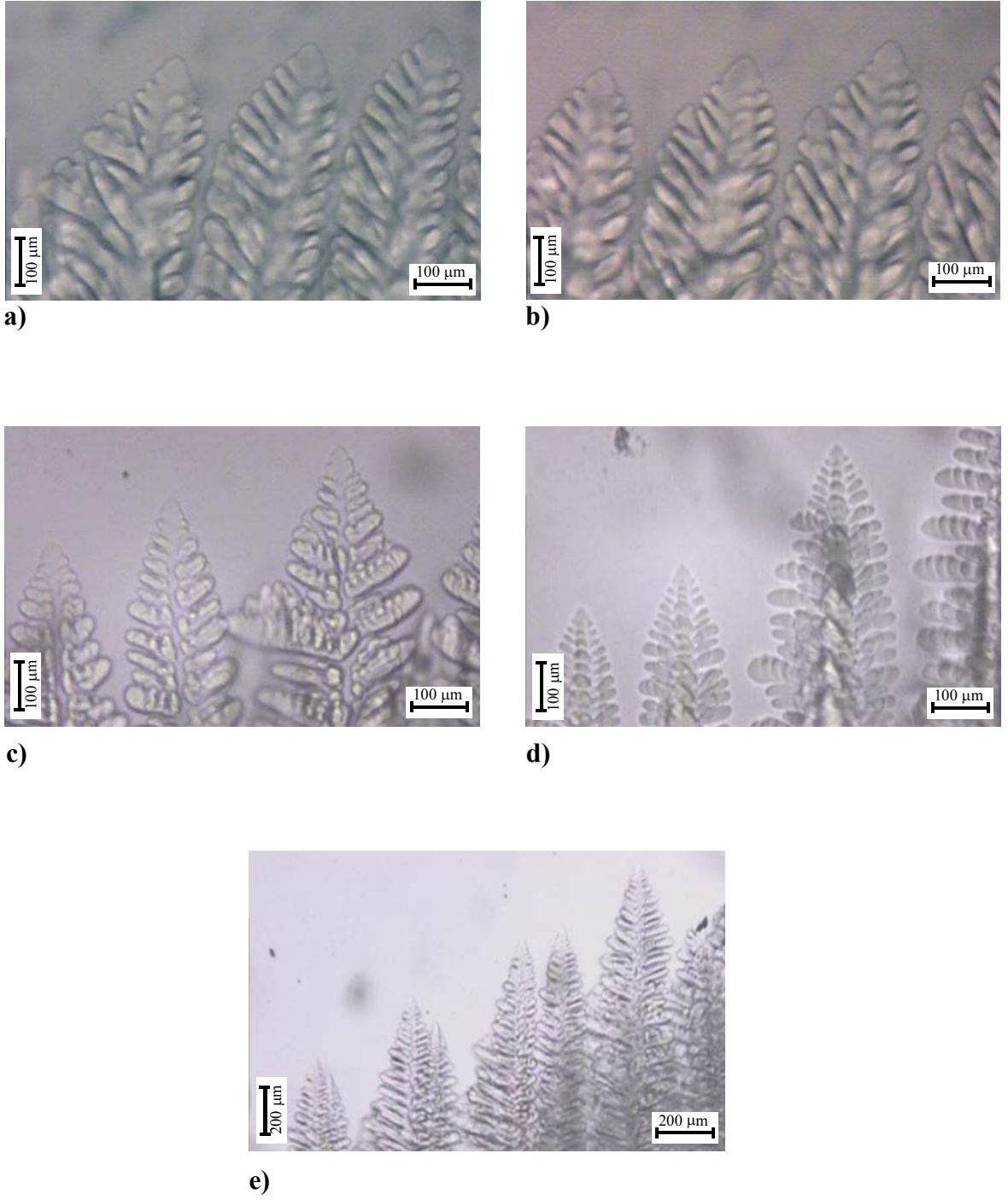
Şekil 5. a) Yumuşak bölge derinliğinin şematik gösterimi, b) Organik malzemedeki görüntüsü.

3. BULGULAR VE HESAPLAMALAR

Succinonitril - ağırlık % 3.61 Aseton alaşımı için mikroyapı parametreleri (λ_1 , λ_2 , R ve d) sabit sıcaklık gradyentinde beş farklı hızda ve sabit katılaştırma hızında beş farklı sıcaklık gradyentinde elde edilmiştir. Katılaşma anında mikroyapı parametrelerini ölçmek için çekilen dijital fotoğraflardan bazıları Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir. Katılaşma anında yönlenecek büyüyen dendritler arası mesafeler kimi yerde dar kimi yerde geniş gözlenmiştir. Bunun sebebi; dendrit yok olması (dendrit elimination), dendrit uç yarılması (tip splitting) ve üçüncül koldan birincil kol oluşması (growth of tertiary arm) mekanizmalarıdır [13]. Bu mekanizmalar göz önünde bulundurularak katılaşma anında çekilen fotoğraflar üzerinde yapılan hesaplamaların sonuçları Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir. Bu hesaplamalara bağlı olarak çizilen grafikler (Şekil 8 ve Şekil 9) üzerinde lineer regresyon analizi yapılarak mikroyapı parametrelerinin katılaşma parametrelerine bağlılığını ifade eden bağıntılar Tablo 4'de verilmiştir.



Şekil 6. Succinonitril- ağ. % 3.61 Aseton alaşım sisteminde sabit katılaştırma hızında ($V=6.5 \mu\text{m/s}$) farklı sıcaklık gradyentlerinde elde edilen katılaşma yapılarının fotoğrafları a) $G=3.53 \text{ K/mm}$ b) $G=4.10 \text{ K/mm}$ c) $G=4.60 \text{ K/mm}$ d) $G=5.10 \text{ K/mm}$ e) 5.70 K/mm .



Şekil 7. Succinonitril- ağ. % 3.61 Aseton alaşım sisteminde sabit sıcaklık gradyentinde ($G=5.7$ K/mm) farklı katılaştırma hızlarında elde edilen katılaşma yapılarının fotoğrafları a) $V=6.5$ $\mu\text{m/s}$ b) $V=12.5$ $\mu\text{m/s}$ c) $V=34.2$ $\mu\text{m/s}$ d) $V=60$ $\mu\text{m/s}$ e) $V=113$ $\mu\text{m/s}$.

Tablo 2. Succinonitril- ağ. % 3.61 Aseton organik alaşımı için sabit katılaştırma hızında farklı sıcaklık gradyentlerinde ölçülmüş mikroyapı parametrelerinin değerleri.

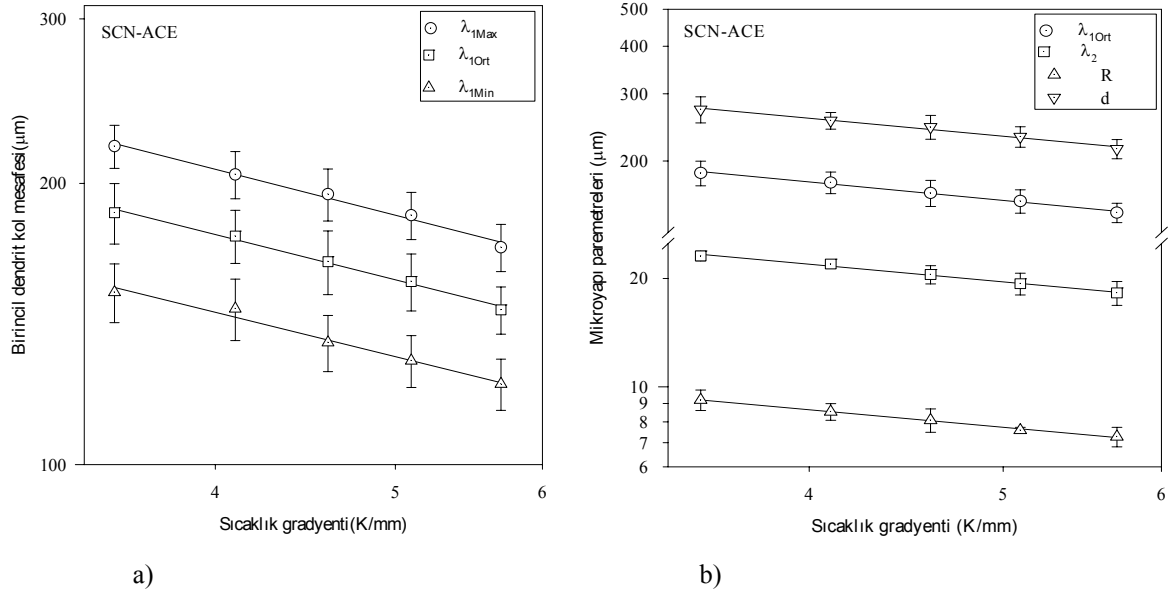
Katılma Parametreleri		Mikroyapı Parametreleri					
G (K/mm)	V (µm/s)	$\lambda_{1(Max)}$ (µm)	$\lambda_{1(Min)}$ (µm)	$\lambda_{1(Ort)}$ (µm)	λ_2 (µm)	R (µm)	d (µm)
3.53	6.5	219.19±11.61	152.93±36.05	186.06±23.83	23.10±0.72	9.20±0.60	273.06±23.41
4.10	6.5	204.43±11.87	146.87±25.11	175.65±18.49	21.93±0.61	8.53±0.45	255.30±10.79
4.60	6.5	194.75±12.50	135.09±33.33	164.92±22.92	20.51±1.19	8.08±0.60	245.62±21.12
5.10	6.5	184.89±25.74	129.19±28.25	157.04±26.99	19.34±1.34	7.58±0.14	231.53±20.30
5.70	6.5	170.84±33.97	121.99±15.05	146.42±24.51	18.23±1.38	7.27±0.45	215.13±12.35

Tablo 3. Succinonitril- ağ. % 3.61 Aseton organik alaşımı için sabit sıcaklık gradyentinde farklı katılaştırma hızlarında ölçülmüş mikroyapı parametrelerinin değerleri.

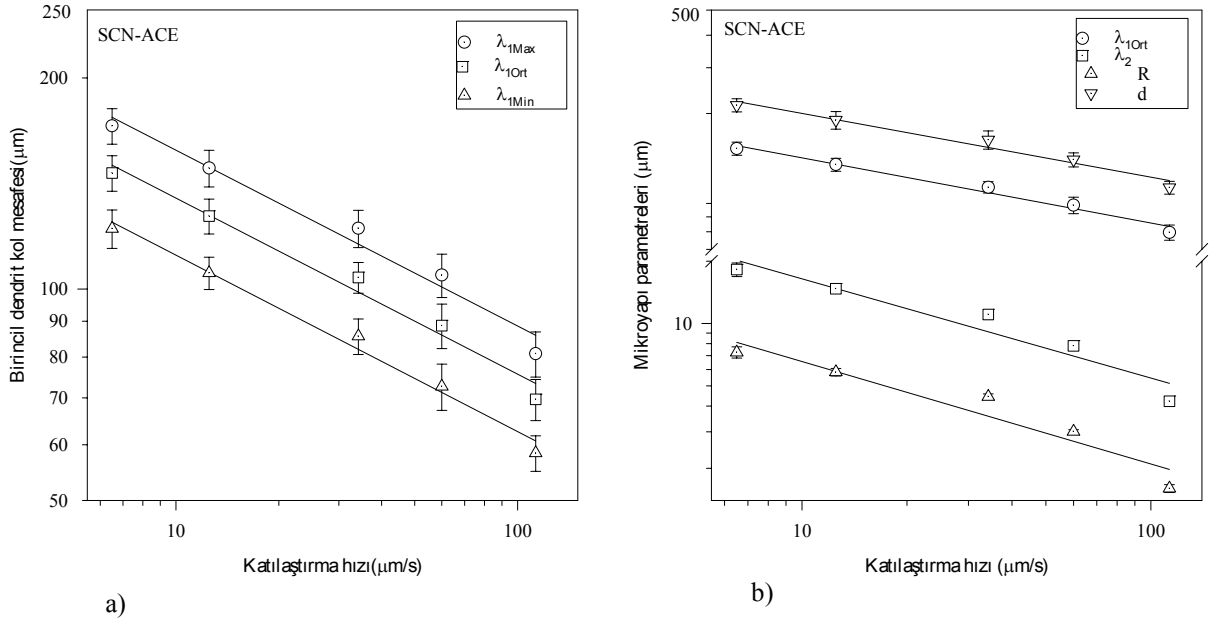
Katılma Parametreleri		Mikroyapı Parametreleri					
G (K/mm)	V (µm/s)	$\lambda_{1(Max)}$ (µm)	$\lambda_{1(Min)}$ (µm)	$\lambda_{1(Ort)}$ (µm)	λ_2 (µm)	R (µm)	d (µm)
5.70	6.5	170.84±33.97	121.99±15.05	146.42±24.51	18.23±1.3	7.27±0.45	215.13±12.35
5.70	12.5	148.76±3.95	105.46±10.59	127.11±7.27	14.73±0.3	5.83±0.24	188.65±18.65
5.70	34.2	122.10±12.46	85.70±9.98	103.90±11.22	11.06±0.5	4.44±0.13	158.29±22.77
5.70	60.0	104.75±9.43	72.69±9.52	88.72±9.47	7.80±0.19	3.01±0.06	132.73±11.27
5.70	113.0	80.91±6.97	58.40±18.40	69.66±12.69	4.22±0.11	1.60±0.07	103.65±19.97

Tablo 4. Mikroyapı parametrelerinin katılaştırma hızı ve sıcaklık gradyentine göre elde edilen üstel bağıntıları.

Sistem	Sıcaklık Gradyenti G (K/mm)	Katılaştırma Hızı, $V \times 10^{-4}$ (cm/s)	Bağıntı	Kaynak
SCN- ağ. % 3.61 ACE	3.53-5.7	6.5	$\lambda_{1 \max} = kG^{-0.50}$	Bu çalışma
SCN- ağ. % 3.61 ACE	3.53-5.7	6.5	$\lambda_{1 \text{ort}} = kG^{-0.50}$	Bu çalışma
SCN- ağ. % 3.61 ACE	3.53-5.7	6.5	$\lambda_{1 \min} = kG^{-0.49}$	Bu çalışma
SCN- ağ. % 3.61 ACE	5.7	6.5-113	$\lambda_{1 \max} = kV^{-0.25}$	Bu çalışma
SCN- ağ. % 3.61 ACE	5.7	6.5-113	$\lambda_{1 \text{ort}} = kV^{-0.25}$	Bu çalışma
SCN- ağ. % 3.61 ACE	5.7	6.5-113	$\lambda_{1 \min} = kV^{-0.25}$	Bu çalışma
SCN- ağ. % 3.61 ACE	3.53-5.7	6.5	$\lambda_2 = kG^{-0.50}$	Bu çalışma
SCN- ağ. % 3.61 ACE	5.7	6.5-113	$\lambda_2 = kV^{-0.48}$	Bu çalışma
SCN- ağ. % 3.61 ACE	3.53-5.7	6.5	$R = kG^{-0.50}$	Bu çalışma
SCN- ağ. % 3.61 ACE	5.7	6.5-113	$R = kV^{-0.50}$	Bu çalışma
SCN- ağ. % 3.61 ACE	3.53-5.7	6.5	$d = kG^{-0.49}$	Bu çalışma
SCN- ağ. % 3.61 ACE	5.7	6.5-113	$d = kV^{-0.25}$	Bu çalışma



Şekil 8. Sabit katılaştırma hızında ($V=6.5 \mu\text{m/s}$) ve bileşimde ($C_0=\text{SCN}$ - ağı. % 3.61 Aseton) organik alaşımının doğrusal katılaştırılmasında oluşan dendritlerin mikroyapı parametrelerinin sıcaklık gradyenti G ile değişimi. a) Birincil dendrit kol mesafesinin G ' ye göre değişimi b) Mikroyapı parametrelerinin G ' ye göre değişimi.



Şekil 9. Sabit sıcaklık gradyenti ($G=5.70 \text{ K/mm}$) ve bileşimde ($C_0=\text{SCN}$ - ağı. % 3.61 Aseton) organik alaşımının doğrusal katılaştırılmasında oluşan dendritlerin mikroyapı parametrelerinin katılaştırma hızına bağlı değişimi a) Birincil dendrit kol mesafesinin V ' ye göre değişimi b) Mikroyapı parametrelerinin V ' ye göre değişimi.

Şekil 6-9 ve Tablo 2-4' den görüldüğü gibi mikroyapı parametreleri (λ_{1Max} , λ_{1Min} , λ_{1Ort} , λ_2 , R ve d) artan katılaşma parametrelerine (G ve V) göre azalmaktadır.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen deneysel sonuçlar (Tablo 4) literatürdeki benzer katılaşma şartları altında yapılan deneysel sonuçlar ile (Tablo 1) karşılaştırıldığında birbirleri ile oldukça iyi bir uyum içinde oldukları görülmektedir.

4.1. Birincil Dendrit Kol Mesafelerinin Karşılaştırılması

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara bakıldığında birincil dendrit kol mesafesi ile sıcaklık gradyentinin üstel değeri 0.50'dir ve teorik olarak da bu değer 0.50'dir [14-16]. Tablo 1'de verilen literatürdeki değerler ile karşılaştırıldığında Taha [3], Grugel ve ark. [4] ve Çadırılı ve ark. [7]'nin elde etmiş oldukları sırasıyla 0.50, 0.50 ve 0.47 değerleri ile oldukça iyi uyum içindedir. Birincil dendrit kol mesafesi ile V arasındaki üstel değer tam olarak 0.25'dir. Bu değer teorik olarak da 0.25'dir [14-16]. Literatürdeki Taha [3] ve Çadırılı ve ark. [7]'nin elde etmiş oldukları sırasıyla 0.25 ve 0.25 değerleri ile oldukça iyi bir uyum içindedir.

4.2. İkincil Dendrit Kol Mesafelerinin Karşılaştırılması

Bu çalışmada elde edilen ikincil dendrit kol mesafesi ile sıcaklık gradyenti arasındaki üstel değer 0.50 dir, teorik olarak da bu değer 0.50'dir [8]. Deneysel üstel değer, Çadırılı ve ark [7]'nin elde ettikleri 0.48 üstel değeri ile uyum içindedir. İkincil dendrit kol mesafesi ile V arasındaki üstel değer bu çalışmada 0.48'dir. Yine bu değer sırasıyla Billia ve ark. [6], Somboonsuk ve ark. [9] ve Esaka ve ark. [10] tarafından elde edilen 0.56, 0.56 ve 0.51 değerleri ile uyum içindedir.

4.3. Dendrit Uç Yarıçapının Karşılaştırılması

Dendrit uç yarıçapı ile G arasındaki üstel değer 0.50'dir. Bu sonuç Tablo 1'deki sonuçlara bakıldığında Çadırılı ve ark. [7,12] tarafından elde edilen 0.50 ve 0.46 üstel değerleri ile uyum içindedir. Dendrit uç yarıçapının V ile arasındaki üstel değer 0.50'dir. Teorik olarak da bu üstel değer 0.50'dir [14-16]. Yine Tablo 1'deki literatür sonuçlarına bakıldığında sırasıyla Çadırılı ve ark. [12], Esaka ve ark. [10] ve Langer ve ark. [11] tarafından elde edilen 0.50, 0.47, 0.53 ve 0.43 değerleri ile oldukça uyum içindedir.

4.4. Yumuşak Bölge Derinliğinin Karşılaştırılması

Yumuşak bölge derinliği ile G arasındaki üstel değer 0.49'dur. Literatürde bu parametre ile ilgili pek çalışma bulunmamaktadır. Çadırılı ve ark. [7] tarafından elde edilen 0.65 değeri ise bu çalışmada elde edilen sonuçla karşılaştırıldığında biraz büyüktür. Yumuşak bölge derinliği ile V arasındaki 0.25 üstel değeri yine Çadırılı ve ark. [7] tarafından elde edilen 0.22 değeri ile uyum içindedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada Succinonitril-ağ.% 3.61 Aseton organik alaşımı ile yapılan doğrusal katılaşma deney sonuçları ve diğer deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında şunlar söylenebilir.

1. Succinonitril -Aseton ikili organik alaşım sistemi doğrusal katılaşma yöntemiyle katılaşma parametrelerinin (G, V) mikroyapı parametreleri (λ_1 , λ_2 , R, d) üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre katılaşma parametrelerinin artırılmasıyla mikroyapı parametreleri azalma eğilimi göstermiştir.
2. Birincil dendrit kollar arası mesafe diğer deneysel çalışmalarla [3, 4, 7] karşılaştırılmış ve uyum içinde olduğu görülmüştür.

3. İkincil dendrit kollar arası mesafe de benzer alaşım sistemleri için diğer araştırmacıların [6, 7, 9, 10] sonuçları ile uyum içindedir.
4. Dendrit uç yarıçapı için elde edilen bağıntılar bazı araştırmacıların [10, 11, 12] sonuçları ile oldukça uyumludur.
5. Yumuşak bölge derinliği ile ilgili pek deneysel çalışma bulunmamakla birlikte bu çalışmada katılaştırma hızına bağlı olarak elde edilen sonuçlar Çadırılı ve ark. [7] tarafından elde edilen sonuçlarla uyum içinde olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Han, S.H., Trivedi, R., Primary Spacing selection in Directionally Solidified Alloys, *Acta Metall*, **42**, 25-41, 1994.
2. Huang, W., Geying, X. and Zhou, Y., Primary Spacing Selection of Constrained Dendritic Growth, *J. Cryst. Growth*, **134**, 105-115, 1993.
3. Taha, M.A., Some Observations on The Dendritic Morphology and Dendrite Arm Spacings, *Metall. Science*, **1**, 9-12, 1979.
4. Grugel, R. N. and Zhou, Y., Primary Dendrite Spacing and The Effect of Off-Axis Heat Flow, *Met.Trans. A*, **20**, 969-973, 1989.
5. Liu, L.X. and Kirkaldy, J.S., Systematic of Thin Film Cellular-Dendrites and The Cell to Dendrite Transition in Succinonitrile-Salol, Succinonitrile-Acetone, *J. Cryst. Growth*, **140**, 115-122, 1994.
6. Billia, B. , Trivedi, R., Pattern Formation in Crystal Growth, *Handbook Cryst. Growth*, Elsevier Science Publishers B.V.,Amsterdam, Netherlands, 918-929, 1993.
7. Çadırılı, E., Maraşlı, N., Bayender, B. and Gündüz, M., Dependency of the Microstructure Parameters on The Solidification Parameters for Camphene, *Mat. Res. Bull.*, **35**, 985-995, 2000.
8. Trivedi, R. and Somboonsuk, K., Constrained Dendritic Growth and Spacing, *Mat. Sci. Eng.*, **65**, 65-74, 1984.
9. Somboonsuk, K., Mason, J.T. and Trivedi, R., Interdendritic Spacings; Part1: Experimental Studies, *Metallurgical Transaction A*, **15**, 967-975, 1984.
10. Esaka, H. and Kurz, W., Columnar Dendrite Growth: Experiments on Tip Growth, *J. Cryst. Growth*, **72**, 578-584, 1985.
11. Langer, J.S. and Müller-Krumbhaar, H., Sidebranching Instabilities in a Two Dimensional Model of Dendritic Solidification, *Acta Metallurgica*, **29**, 145-157, 1980.
12. Çadırılı, E., Maraşlı, N., Bayender, B. and Gündüz, M., Investigation of the Structure Parameters According to the Solidification Parameters for Pivalic Acid, *J. Mat. Sci.*, **34**, 5533-5541, 1999.
13. Akamatsu, S., Faivre, G., Ihle, T., Symmetry-Broken Double Fingers and Seaweed Patterns in Thin-Film Directional Solidification of a Nonfaceted Cubic Crystal, *Phy. Rev. E*, **51**, 4751-4773, 1995.
14. Hunt, J.D., *Solidification and Casting of Metals*, The Metal Society, London, 1979.
15. Trivedi, R., Interdendritic Spacing: Part II. A. Comparison of Theory and Experiment, *Met. Trans. A.*, **15**, 977-982, 1984.
16. Kurz, W., Fisher, D.J., Dendritic Growth and Limit of Stability Tip Radius and Spacing, *Acta Metall.*, **29**, 11-20, 1981.