

NİKEL ESASLI KAYNAK DİKİŞLERİNİN ULTRASONİK YÖNTEMLE TEST EDİLEBİLİRLİĞİ

Şinasi EKİNCİ

Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
P.K.1, Atatürk Havalimanı, 34831 İstanbul, TÜRKİYE
Tel: 0212-548 40 50, E-Posta:sinasiekinci@yahoo.com

ÖZET

Yüksek ısıya dayanımlı olan nikel esaslı alaşımlardan yapılmış kaynak dikişlerinin ultrasonik testinde karşılaşılan en önemli sorun, kaynak metalinin tane yapısından ve bununla bağlantılı olarak tanelerin kristalografik yönlenmesindeki değişimlerden ileri gelmektedir. Kaynak metalinin katılaşması sırasında oluşan dallanmış kristaller, iri taneler ve anizotropi, ultrasonik dalgaların saçılmasına ve yön değiştirmesine neden olmaktadır. Bu da, hataların dedekte edilebilmesini, hata belirtilerinin metalurjik yapı belirtilerinden ayırt edilebilmesini ve hata yerlerinin doğru olarak belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca, nikel ve krom elementlerinin yüksek soğurma etkisi, ultrasonik dalgaları büyük oranda zayıflatmaktadır.

Bu çalışmada, nükleer güç reaktörlerinde kullanılan ve yüksek sıcaklık dayanımı özelliğine sahip Nimonic 86 ve Inconel 617 nikel esaslı malzemeden yapılmış kaynak dikişlerinin ultrasonik yöntemle test edilebilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, kaynak metali içine farklı derinliklerde açılan silindirik delik ve yüzeye açılan çentik tipindeki yapay hataların dedekte edilebilirlikleri, tek ve çift kristalli boyuna dalga açılı problemlerle ölçülmüştür. Dedekte edilebilirliğin ölçüsü olarak yapay reflektörlerden tespit edilen sinyal/gürültü oranları kaydedilmiştir. Elde edilen bulgular hata konumuna ve test frekansına göre değerlendirilmiştir.

1.GİRİŞ

Nikel esaslı Nimonic 86 (70Ni-20Cr-5Fe-2Co-2Ti-1Al) ve Inconel 617 (56Ni-22Cr-12Co-9Mo-1Al), nikelin korozyon direnci ve dayanımını kromun yüksek sıcaklık oksitlenmesine karşı gösterdiği direnç ile birleştiren yüksek sıcaklığa ve karbürleşmeye karşı dayanıklı malzemelerdir [1-3]. Döküm ve dövme olarak üretilen bu malzemeler, ısı işlem ekipmanlarında, fırın parçalarında, karbonlama, nitrüleme, siyanürleme tankları ve 1800 °F sıcaklığa kadar dayanabilen diğer birçok ekipmanlar için kullanılmaktadır [1]. Yüksek sıcaklık dayanımı özelliklerinden dolayı bu malzemeler, gaz soğutmalı yüksek sıcaklık reaktörlerinde (HTR), sıcak gaz iletim boruları, helyum/helyum ısı değiştiricisi, gaz gidericilerin ısı değiştirici yüzeyleri, kontrol çubuğu, v.b. komponentlerin üretiminde kullanılmaktadır [4,5]. Yüksek sıcaklık reaktörleri için yüksek sıcaklığa dayanıklı malzeme seçiminde, birçok etkene karşı dayanım gösterebilme özelliğinin yanısıra, klasik ve ileri tahribatsız test teknikleri ile test edilebilirliğin de büyük önemi vardır. Zira, reaktörlerin kurulması, işletilmesi ve periyodik bakımları sırasında bu malzemelerden yapılmış olan komponentlerin test edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada bu nedenle nikel esaslı alaşım olan Nimonic 86 ve Inconel 617 malzemelerinden hazırlanan kaynak dikişlerinin ultrasonik yöntemle test edilebilirlikleri araştırılmıştır.

Östenitik malzemelerde olduğu gibi nikel esaslı malzemelerin kaynak dikişlerinin ultrasonik testinde de büyük zorluklarla karşılaşılmaktadır. Kaynak metalinin katılaşması sırasında oluşan dendritik kristaller, kaba taneli yapı ve anizotropi ultrasonik dalgaların büyük ölçüde zayıflamasına ve yön değiştirmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla, küçük boyutlu

hatalardan algılanan belirtilerin, malzemenin yapısından kaynaklanan belirtilerden ayırt edilmesi zorlaşmaktadır. Bu problemler, kısa darbeleri ve boyuna dalga açılı demetler yayan, tek ve çift kristalli problemler kullanılarak önemli ölçüde çözülmüştür [6,7].

2. TEST ÖRNEKLERİ

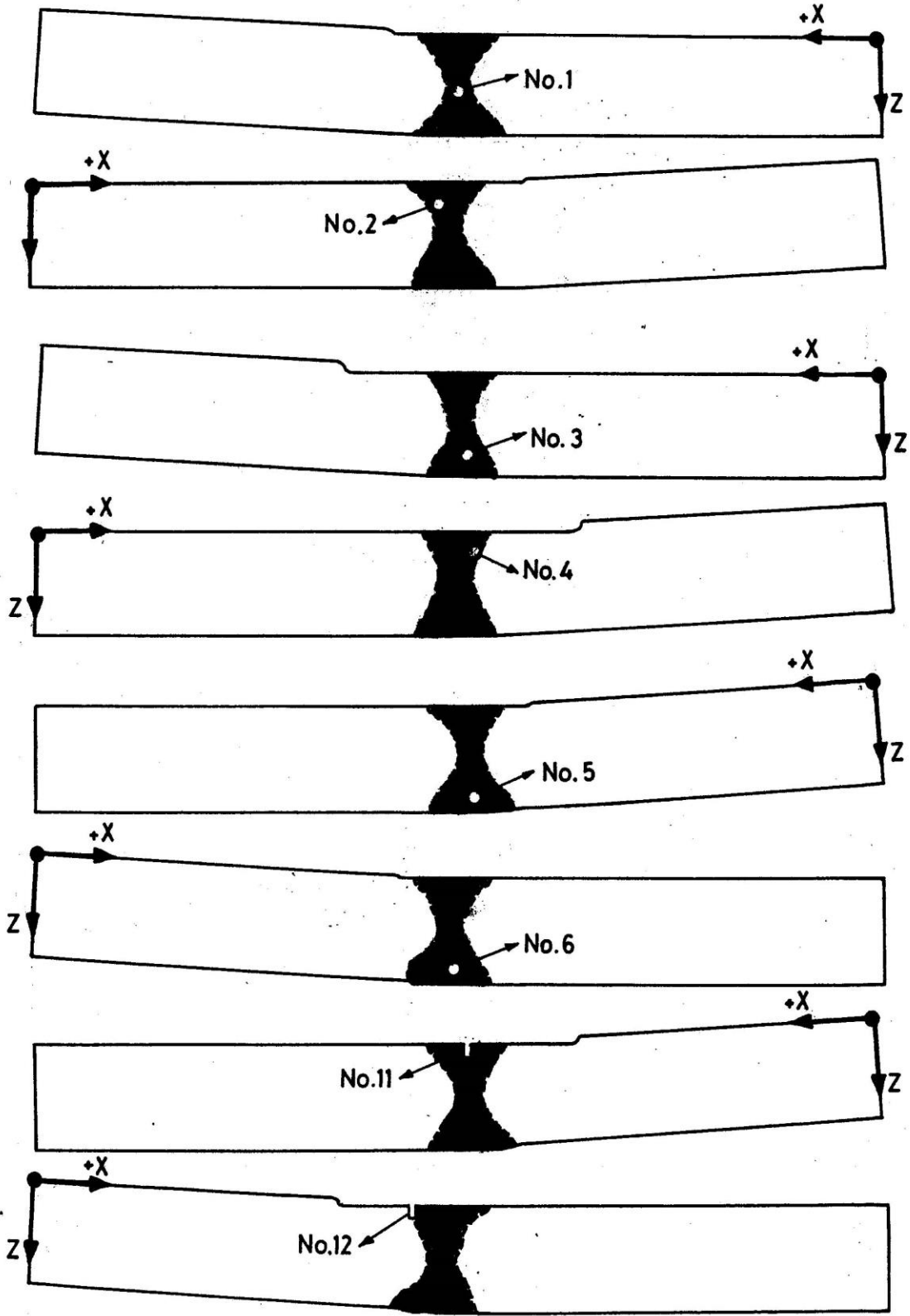
Dört adet Nimonic 86 ve 3 adet Inconel 617 olmak üzere 7 adet kaynak dikişli test örneği hazırlanmıştır. 120mmx220mmx25mm boyutlarında hazırlanan örnekler MIG yöntemiyle kaynak edilmiştir. Malzemenin test edilebilirliğinin bir ölçüsü olan sinyal/gürültü (S/G) oranını belirlemek amacıyla, parçalara silindirik delik ve çentik şeklinde yapay test hataları açılmıştır. Test hatalarının boyutu ve derinliği KTA 3201.3'e göre seçilmiştir [8]. Buna göre, cidar kalınlığı (t) 20mm<t≤40mm arasında ise, açılacak silindirik deliklerin çapı 3 mm ve kaynak eksinine paralel, ön ve arka yüzeylerden 5 mm derinde ve delikler arası derinlik farkının t/2-5 mm olması gerekmektedir. Örneklerin kalınlıklarının 25 mm olduğu göz önüne alındığında, delikler 5 mm, 12,5 mm ve 20 mm derinliklerde açılmıştır. Delik uzunluğu kaynak uzunluğunun 1/3'i olarak alınmıştır. Kaynaklı parçaların her iki ucundan delik açıldığı göz önüne alındığında, kaynağın orta bölgesinde kalan diğer 1/3'lik kısmı kıyaslama amacıyla yapıdan gelen saçılma belirtilerini, yani S/G oranını ölçmek için kullanılmıştır. Delik yankılarının birbiriyle girişim yapmasını önlemek için kaynak örneklerinin her ucuna sadece bir tane delik açılmıştır.

Her malzeme tipi için, 0.5 mm genişliğinde, 1 mm derinlikte ve 1/3 kaynak uzunluğunda (yaklaşık 40 mm) ve biri kaynak ortasına diğeri de kaynak-ana metal sınırına olmak üzere 2 tane çentik açılmıştır. Böylece, toplam 7 test örneğine (4 adet Nimonic 86, 3 adet Inconel 617) toplam 14 adet yapay test hatası açılmıştır. Test hataları ve konumları toplu olarak Tablo 1'de verilmiştir. Nimonic 86'dan hazırlanan test parçaları Şekil 1'de, Inconel 617'den hazırlanan test parçaları Şekil 2'de gösterilmiştir.

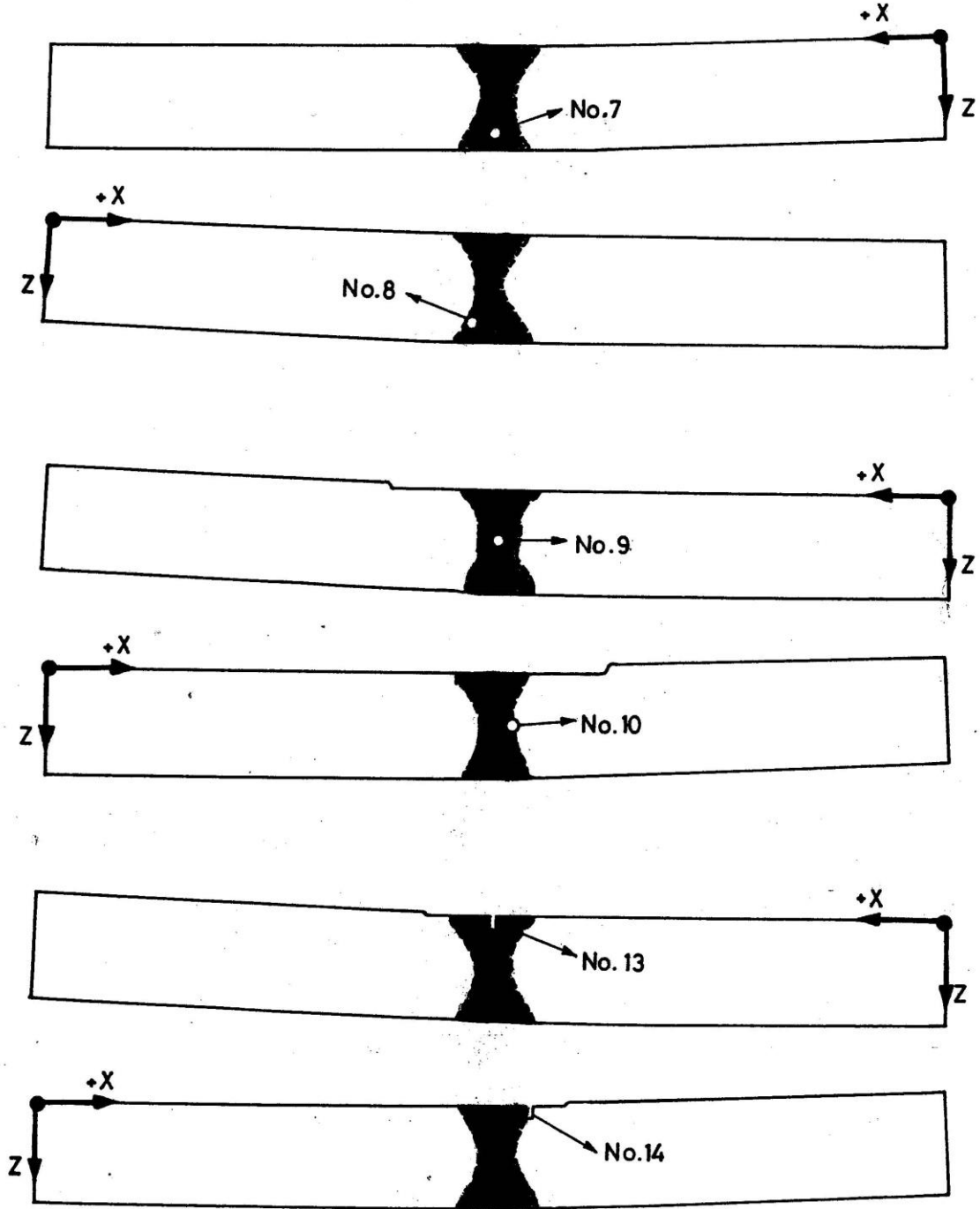
Test örnekleri kaynak işlemi sırasında çarpıldığından taşlama sırasında yüzeylerde kademeler oluşmuştur.

TABLO 1. Yapay test hataları ve konumları
(KO:Kaynak Ortası, KK:Kaynak Kenarı)

Malzeme	Hata konumu	d derinliğinde hata no				
		Hata	Silindirik delikler			Çentikler
		d (mm)	5	12.5	20	1
Nimonic 86	KO		3,5,6	1	-	11
	KK		-	-	2,4	12
Inconel 617	KO		7	9	-	13
	KK		8	10	-	14



Şekil 1. Nimonic 86 test parçaları ve test hataları



Şekil 2. Inconel 617 test parçaları ve test hataları

3. TEST CİHAZI VE PROBLAR

Ultrasonik cihaz olarak Krautkraemer marka, USIP 11 model cihaz kullanılmıştır. Krautkraemer firması tarafından, özellikle kaba taneli malzemelerin ultrasonik testi için geliştirilen yüksek sönümlenmeli, tek ve çift kristalli boyuna dalga açılı problar kullanılmıştır. Kullanılan problar ve bazı teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

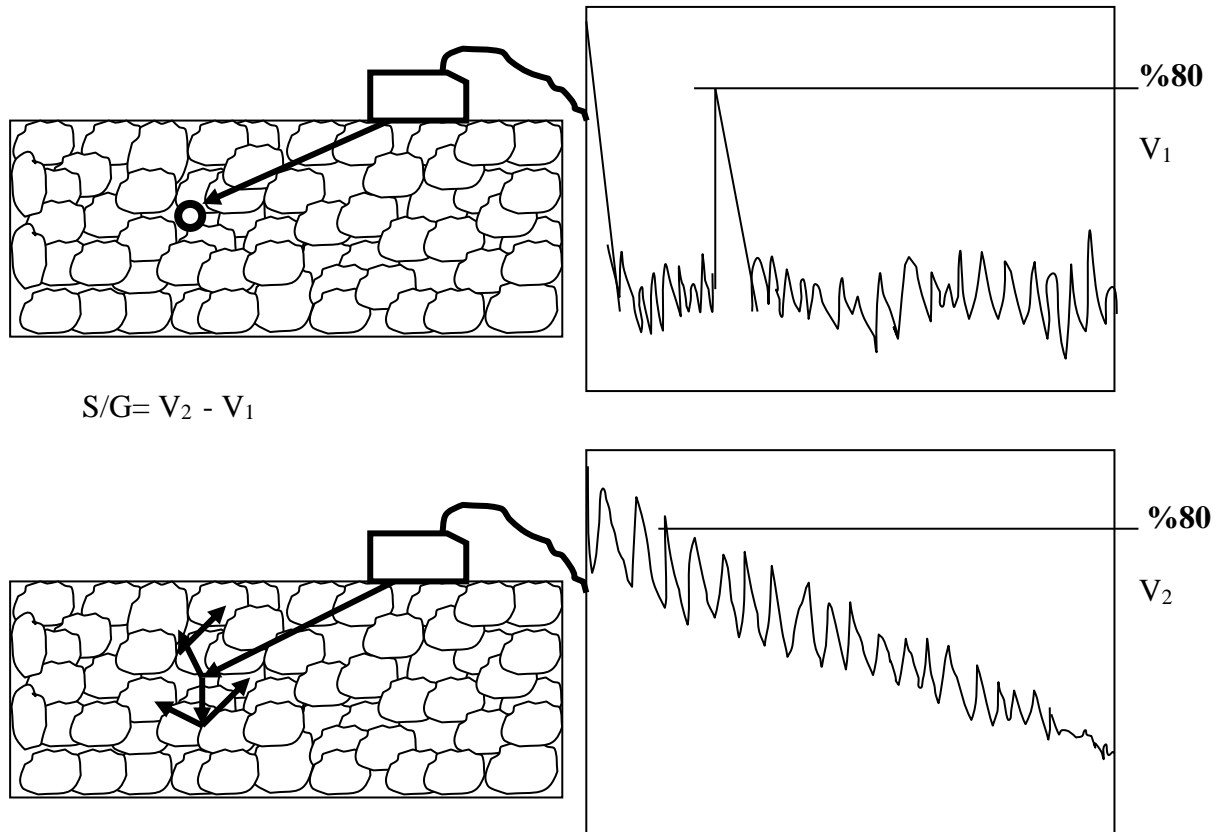
TABLO 2. Problar

Tip	Kod	Frekans (MHz)	Açı (°)	Kristal boyutu (mm)	Hassasiyet bölgesi (mm)
Boyuna dalga tek kristal	WRY45	1.5	45	φ24	10-140
	WRY60	1.5	60	φ24	10-120
	WRY70	1.5	70	φ24	25-80
Boyuna dalga tek kristal	WSY45	4.0	45	φ10	4-800
	WSY60	4.0	60	φ10	6-500
	WSY70	4.0	70	φ10	6-350
Boyuna dalga çift kristal	VRY45	1.8	45	10x22	21-150
	VRY60	1.8	60	10x22	20-120
	VRY70	1.8	70	10x22	15-100
Boyuna dalga çift kristal	VSY45	4.0	45	5x10	3-40
	VSY60	4.0	60	5x10	3-40
	VSY70	4.0	70	5x10	4-35

4. TEST SONUÇLARI

Test örneklerinde kaynak işlemi sırasında çarpılma meydana geldiğinden, kaynak metali fazlalıklarının temizlenmesi ve taşlama işlemlerinden dolayı test yüzeylerinde kademeler oluşmuştur. Dolayısıyla, test hatalarına yarım sekme mesafesinde teorik olarak düşünülen 4 ayrı konumdan ulaşmak mümkün olmamıştır.

Sinyal/Gürültü (S/G) oranı, test hatalarından alınan yankı sinyali ve bu sinyal ile aynı ekran konumundaki gürültü sinyallerinin %80 ekran yüksekliğine getirilmesiyle, aralarındaki güç farkından tespit edilmiştir. Şekil 3, S/G oranının ölçümünü şematik olarak göstermektedir. Ölçümlerin tekrar edilebilirliği ± 2 dB'dir. Delik ve çentik yansıtıcılardan elde edilen sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir.



Şekil 3. S/G oranını ölçülmesi

Nimonic 86 malzemenin test örnekleri üzerinde yapılan ölçümler Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5’de verilmiştir.

TABLO 3. Nimonic 86 kaynağındaki silindirik deliklerden alınan ölçümler (tek kristal)
(0: ölçülemedi, x: taşlama kademesinden dolayı engellendi, -: uygulanmadı)

Hata			Tarama yönü ± x	Tek kristal boyuna dalga problar											
Derinlik	Konum	No		WRY45		WRY60		WRY70		WSY45		WSY60		WSY70	
				V%80 dB	S/G dB	V%80 dB	S/G dB	V%80 dB	S/G dB	V%80 dB	S/G dB	V%80 dB	S/G dB	V%80 dB	S/G dB
5	KK	2	+	46	8	57	20	66	16	54	26	59	24	64	20
		4	-	0		59	22	x		50	20	48	26	x	
	KO	3	+	56	12	59	22	58	20	56	24	56	18	66	15
		3	-	50	18	60	24	59	22x	53	26	56	24	68	22
		5	+	x		x		x		x		x		x	
		5	-	0		56	20	54	20	51	28	54	18	64	16
		6	+	x		x		x		x		x		x	
	6	-	0		57	27	54	26	50	34	53	24	62	20	
	KK	2	-	x		x		x		56	20	x		x	
		4	+	0		62	16	62	20	51	20	56	24	68	17
12.5	KO	1	+	51	36	62	28	64	24	62	20	61	28	77	14
		1	-	x		x		x		x		x		x	
		1	+	49	32	63	22	64	20	57	28	62	20	73	20
		1	-	48	38	64	22	65	22	56	32	59	26	73	16
20	KK	2	+	49	38	63	28	-		62	24	68	22	-	
		4	-	48	32	64	23	-		62	22	69	22	-	
	KO	3	+	50	32	64	26	-		63	24	70	18	-	
		3	-	x		x		-		64	26	x		-	
		5	+	x		x		-		x		x		-	
		5	-	52	25	66	22	-		65	18	67	21	-	
		6	+	x		x		-		x		x		-	
	6	-	52	26	68	20	-		68	16	67	22	-		
	KK	2	-	56	20	68	22	-		68	18	68	18	-	
		4	+	52	24	68	22	-		67	18	70	20	-	

TABLO 4. Nimonic 86 kaynağındaki silindirik deliklerden alınan ölçümler (çift kristal)
(0: ölçülemedi, x: taçlama kademesinden dolayı engellendi, -: uygulanmadı)

Hata			Tarama yönü $\pm x$	Çift kristal boyuna dalga problar											
Derinlik	Konum	No		VRY45		VRY60		VRY70		WSY45		WSY60		WSY70	
				V%80 dB	S/G dB	V%80 dB	S/G dB	V%80 dB	S/G dB	V%80 dB	S/G dB	V%80 dB	S/G dB	V%80 dB	S/G dB
5	KK	2	+	68	15	70	22	73	18	63	30	58	25	64	19
		4	-	0		x		x		64	28	56	24	x	
	KO	3	+	72	12	70	24	69	24	66	22	57	24	67	13
		3	-	70	12	70	24	68	20	62	26	58	18	70	16
		5	+	x		x		x		x		x		x	
		5	-	0		70	22	70	28	69	12	61	18	70	16
		6	+	x		x		x		x		x		x	
		6	-	0		71	22	71	20	0		60	15	65	20
	KK	2	-	x		x		x		66	26	x		x	
		4	+	0		75	9	73	20	64	28	64	12	74	13
12.5	KO	1	+	60	23	66	24	70	15	63	26	56	28	74	12
		1	-	x		x		x		x		x		x	
		1	+	62	20	65	26	71	22	56	30	56	24	74	9
		1	-	61	22	72	16x	68	21	55	32	56	30	73	16
20	KK	2	+	56	30	63	28	-		58	32	62	20	-	
		4	-	55	28	62	22x	-		60	32	65	22	-	
	KO	3	+	54	28	60	28	-		60	28	60	23	-	
		3	-	x		x		-		66	24	x		-	
		5	+	x		x		-		x		x		-	
		5	-	60	20	60	22	-		63	22	59	23	-	
		6	+	x		x		-		x		x		-	
		6	-	58	22	64	26	-		64	20	60	22	-	
	KK	2	-	63	22	69	24	-		64	18	65	18	-	
		4	+	58	20	62	26	-		66	16	65	20	-	

5 mm derinlikteki delik, WRY45 probunun hassasiyet bölgesinin dış sınırına uzak olduğundan algılanan sinyaller zayıf, dolayısıyla S/G oranı nispeten düşük olmuştur. 12.5 mm ve 20 mm derinlikteki deliklerden daha kuvvetli yankı sinyalleri alınmıştır ($20\text{dB} \leq S/G \leq 38\text{dB}$). Benzer durum WRY60 probunda da söz konusudur, ancak 5 mm derinlikteki ve diğer deliklerden yeterli ölçüde yankı sinyalleri alınmıştır. WRY70 probu sadece 5 mm ve 12.5 mm derinlikteki deliklerin testinde kullanılmıştır. Düşük frekanslı olan 70° probun yan demetleri malzemenin karşı yüzeyine oldukça büyük açılarda geldiğinden, enine dalga dönüşmesi sonucu arka yüzeye yakın bölgelerin testi imkansız hale gelmiştir. 5 mm ve 12.5 mm derinlikteki delikler $16\text{dB} \leq S/G \leq 26\text{dB}$ arasında kaydedilmiştir.

5 mm derinlikteki delik WSY45 probunun hassasiyet bölgesine girdiğinden, algılanması daha iyi olmuştur. Yüksek frekanslı WSY problarında saçılma daha yüksek olduğundan, daha derinde bulunan diğer yansıtıcılar daha düşük bir S/G oranı ile kaydedilmiştir. WSY60 probu ile tüm delikler algılanmış, ancak WRY60 probuna göre S/G oranında önemli bir fark gözlenmemiştir. WSY70 probu, 5 mm ve 12.5 mm derinlikteki tüm delikleri algılamış, yüksek frekanstan dolayı S/G oranı WRY70'e göre biraz daha düşük olmuştur.

Çift kristalli problemlerle tek kristallilerdekine benzer sonuçlar elde edilmiştir. 45° açılı problemlerde (VRY45, VSY45), deliklerin hassasiyet bölgesi sınırına yakın olmasından dolayı algılanmalarında kısıtlama olmuş, 60° açılı problemlerle (VRY60, VSY60) bütün delikler kaydedilmiş ve 70° açılı problemlerde (VRY70, VSY70) enine dalga dönüşümünden dolayı arka yüzeye yakın deliklerin kaydedilmesinde kısıtlamalar olmuştur. Yüksek frekanslı 70° açılı proba ölçülen S/G oranında düşük frekanslı 70° açılı proba göre önemli bir düşüş olmuştur.

Tablo 5’de Nimonic 86’daki çentiklerden elde edilen sonuçlar görülmektedir. Bu test örneklerinde 70° problemler kullanılmamıştır. Parçanın geometrisinden dolayı her çentik tek bir yönden gönderilen demetlerle algılanmıştır. 45° yüksek frekanslı, tek ve çift kristalli problemlerle (WSY45, VSY45) çentikler iyi bir S/G oranı (12dB) ile kaydedilmiştir. Yüksek frekanslı 60° prob (VSY60) ile, iki çentikten sadece bir tanesi kaydedilmiştir. Çentikler, düşük frekanslı 45° problemlerle (WRY45, VRY45) yüksek frekanslılarına göre daha düşük S/G oranı ile kaydedilmiştir. Diğer bütün problemlerle çentikler algılanamamıştır.

TABLO 5. Nimonic 86 kaynağındaki çentiklerden alınan ölçümler
(0: ölçülemedi)

Yansıtıcı		Tarama Yönü ± x	Boyuna dalga tek kristal				Boyuna dalga çift kristal					
Konum	No		WRY45		WSY45		VRY45		VSY45		VSY60	
			V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB
KO	11	-	68	8	70	12	0	0	68	12	74	18
KK	12	-	62	9	70	11	68	13	67	12	0	0

Tablo 6 ve Tablo 7’de Inconel 617 malzemenin kaynak örneklerindeki silindirik deliklerden elde edilen ölçümler görülmektedir. WRY45 ve WRY60 problemleri ile geometrik olarak ulaşılabilen bütün yansıtıcılar iyi bir S/G oranı ile kaydedilmiştir. WRY70 probu ile, hassasiyet bölgesinden dolayı bazı delikler ve arka yüzeye yakın delikler kaydedilememiştir.

Yüksek frekanslı WSY45 probu ile geometrik olarak ulaşılabilen tüm delikler, biraz daha düşük S/G oranıyla da olsa kaydedilmiştir (WRY45: 15dB≤S/G≤30dB, WSY45: 12dB≤S/G≤20dB). WSY60 probu ile 20 mm derinlikteki iki delik kaydedilememiştir. WSY70 probu ile, demet açısı ve uzun ses yolundan dolayı 12.5 mm ve 20 mm derinlikteki delikler malzemenin gelen yüksek saçılma nedeniyle algılanamamıştır. Bu proba 5 mm derinlikteki delikler bile 71 dB güç rezervi ile algılanabilmiştir.

Çift kristalli VRY ve VSY problemleri ile elde edilen sonuçlar, tek kristalli (WRY, WSY) problemlerinkine karşılaştırılabilir niteliktedir. VRY45, VRY60, VRY70 ve VSY45 ile oldukça iyi S/G oranları elde edilmiştir. VRY70 probunun hassasiyet bölgesi WRY70’e göre daha uygun olduğundan, daha fazla yansıtıcı algılanabilmiştir. VSY60 ile, WSY60 ve WSY70 problemlerine benzer şekilde, ses yolu mesafesi ve saçılma sebebiyle sadece 5 mm derinlikteki yansıtıcılar kaydedilebilmiştir. Buna karşılık VSY70 ile hiç biri algılanamamıştır.

TABLO 6. Inconel 617 kaynağındaki silindirik deliklerden alınan ölçümler (tek kristal)

(0: ölçülemedi, x: taşlama kademesinden dolayı engellendi, -: uygulanmadı)

Hata			Tarama yönü ± x	Tek kristal boyuna dalga problar											
Derinlik	Konum	No		WRY45		WRY60		WRY70		WSY45		WSY60		WSY70	
				V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB
5	KK	8	+	x		64	11x	58	14x	52	20	56	18x	71	8x
	KO	7	+	x		59	20	59	22x	52	24	56	20	x	
		7	-	52	16	62	12x	62	18x	52	20	58	18x	72	14x
	KK	8	-	53	15	61	18x	59	24x	52	24	55	22x	x	
12.5	KK	10	-	x		x		x		x		x		x	
		10	-	x		x		x		x		x		0	
	KO	9	+	52	28	68	19	74	8	68	18	71	12	0	
		9	-	x		x		x		65	14	x		x	
		9	+	55	22	68	20	0		68	16	77	9	0	
		9	-	x		x		x		x		x		0	
	KK	10	+	52	30	67	18	0		64	16	74	12	0	
		10	+	54	24	68	18	0		64	18	74	11	0	
20	KK	8	+	x		x		-		x		x		-	
	KO	7	+	x		x		-		x		x		-	
		7	-	54	28	73	14	-		76	12	0		-	
	KK	8	-	56	23	73	18	-		75	12	0		-	

TABLO 7 Inconel 617 kaynağındaki silindirik deliklerden alınan ölçümler (çift kristal)

(0: ölçülemedi, x: taşlama kademesinden dolayı engellendi, -: uygulanmadı)

Hata			Tarama yönü ± x	Çift kristal boyuna dalga problar											
Derinlik	Konum	No		VRY45		VRY60		VRY70		VSY45		VSY60		VSY70	
				V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB	V _{%80} dB	S/G dB
5	KK	8	+	x		80	12x	74	16x	66	22	67	13x	x	
	KO	7	+	x		74	24	73	18x	65	20	58	14	x	
		7	-	x		74	18x	74	14x	66	20	62	13x	x	
	KK	8	-	x		76	18x	75	14x	67	20	62	10x	x	
12.5	KK	10	-	x		x		x		x		x		x	
		10	-	x		x		x		x		x		0	
	KO	9	+	63	24	68	24	75	12	65	18	0		0	
		9	-	x		x		x		65	14	x		x	
		9	+	64	20	70	20	74	11x	70	14	0		0	
		9	-	x		x		x		x		x		0	
	KK	10	+	62	17	68	24	78	9	63	18	0		0	
		10	+	62	22	58	20	75	10x	64	12	0		0	
20	KK	8	+	x		x		-		x		x		-	
	KO	7	+	x		x		-		x		x		-	
		7	-	60	24	71	16	-		74	12	0		-	
	KK	8	-	60	26	72	11	-		76	6	0		-	

Inconel 617'deki çentik yansıtıcılar sadece düşük frekanslı WRY45 ve VRY45 problemleri ile algılanabilmiştir. Ancak Tablo 8'den görüleceği gibi S/G oranı düşük olmuştur. Çentikler yarım sekme adımı mesafesinden algılandıklarından, saçılmanın yüksek olduğu bu malzemede 60° ve 70° açılarda algılama yetersiz kalmıştır.

TABLO 8. Inconel kaynağındaki çentiklerden alınan ölçümler
(0: ölçülemedi)

Hata		Tarama yönü ± x	Tek kristal		Çift kristal	
			WRY45		VRY45	
			V%80 dB	S/G dB	V%80 dB	S/G dB
Konum	No					
KO	13	+	68	12	70	10
KK	14	+	68	9	72	6

5. YORUM

Yüksek ısıya dayanıklı olan nikel esaslı alaşımlardan (Nimonic 86 ve Inconel 617) hazırlanan kaynak dikişlerindeki yapay test hatalarının (3 mm çaplı 10 adet silindirik delik ve 0.5 mm genişlikte, 1 mm derin 4 çentik) test edilebilirlikleri, tek ve çift kristalli boyuna dalga açılı problemlerle araştırılmıştır. Her iki malzemenin kaynak dikişlerindeki bütün silindirik delikler ve Nimonic 86'daki çentikler iyi bir sinyal/gürültü oranı ile ($S/G \geq 12$ dB) kaydedilebilmiştir. Inconel 617'deki çentikler $6dB \leq S/G \leq 12dB$ arasında bir S/G oranı ile algılanabilmiştir. Ancak, yapay hata içermeyen kaynak bölgelerindeki bireysel yapı belirtilerinin genliği çentiklerinki ile benzer seviyelere yükselmiş, dolayısıyla güvenilebilir bir çentik kaydı sağlanamamıştır. Yapılan tüm ölçümlerden, prob açısının ve frekansın etkisi açık olarak görülmüştür.

6. REFERANSLAR

- [1] S.H. Avner, "Introduction to Physical Metallurgy", 2nd Ed., McGraw-Hill Book Comp., New York, 1974.
- [2] "Metals Handbook Vol 1, Properties and Selection of Metals", 8th Ed., American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1961.
- [3] "Materials Engineering, 1980 Materials Selector", Penton IPC Pbl., Ohio, 1979.
- [4] H. Kapitza, "Untersuchungen zur zerstörungsfreien Prüfung von Schweissnaehten hochwarmfester Materialien", FhG Ber.Nr.820132-TW, 1982.
- [5] P. Engelmann, "Der Hochtemperaturreaktor als fortgeschrittener Reaktor für den Strom- und Waermemarkt", Phys.Blaetter 35, 7 Juli 1979, 311-323.
- [6] "Fortbildungs-Seminar über Ultraschallprüfung von austenitischen Werkstoffen", 3-5 Nov.1986, BAM, Berlin.
- [7] Ş. Ekinci, "Östenitik Kaynak Dikişlerinin Ultrasonik Testinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri", Sayı:91, Ağustos 1994.
- [9] "Sicherheitstechnische Regel des Kerntechnischen Ausschusses KTA 3201.3.