

IX — NİKEL VE ALAŞIMLARININ KAYNAĞI

Nikel ve yüksek nikelli alaşımların kaynağı daha önce irdelenmiş bulunduğundan(*) bunları burada tekrarlamayıp sadece verilmiş bulunan bilgileri tamamlayıcı ekler yapmakla yetineceğiz.

Nikelin, bakır, alüminyum ve alaşımsız çeliğinkilerle kıyaslanmış nitelikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

ÖZELLİKLER 20°C / 1013 mbar	Cu	Ni	Al	St ≈0,2 % C
Özgül ağırlık kg/dm ³	7,4...9	8,9...9,2	2,62...2,85	7,85
Ergime sıcaklığı °C	840...1295	1270...1455	480...660	≈1500
İletkenlik m/ω.mm ²	2...58	0,72...14,6	15...37	8,3
Isıl uzama 10 ⁻⁶ /°C (Lineer 20-300°C)	15...21	10...14	22...26	11
Çekme mukavemeti N/mm ²	200...1350	350...1400	40...600	≈400
Akma mukavemeti N/mm ²	40...1250	90...800	10...500	≈250
Kırılma uzaması %	≤68	≤50	≤38	≈25
Brinell sertliği	45...450	80...380	15...170	≈115

Genel olarak demirdışı metalların kaynağında uygulanan nispi (relatif) ön-ısıtma sıcaklığı

$$T_{\text{önısıtma sic.}} = T_{\text{ergime sic.}} - \frac{178}{\lambda} \quad (°C)**$$

formülü ile hesaplanır. Burada T_{ergime} , demirdışı ana metalin ergime (likidus) sıcaklığıdır. λ da, demirdışı ana metalin ısı iletkenliğidir (cal/cm.s.)

Nispi önısıtma sıcaklığı, yüksek ısı iletkenliği dolayısıyla önısıtılmasının gerektiği demirdışı metalin, aynı konstrüksiyon ve çalışma tekniği koşulları ile, alaşımsız çelikte mümkün olduğu gibi bir ergime banyosunun meydana getirilip idame ettirilmesi için gerekli önısıtma sıcaklığıdır.

Nispi önısıtma sıcaklığı, tahmini yönlendirme ve alaşımsız çelikte kıyaslamada farklı iletkenliği haiz demirdışı metalların kaynak kabiliyetlerini kademeleştirme olanağını sağlar.

Aşağıda bazı nikel malzemelerle diğerlerinin yukardaki formüle göre hesaplanmış önısıtma sıcaklık değerleri verilmiştir.

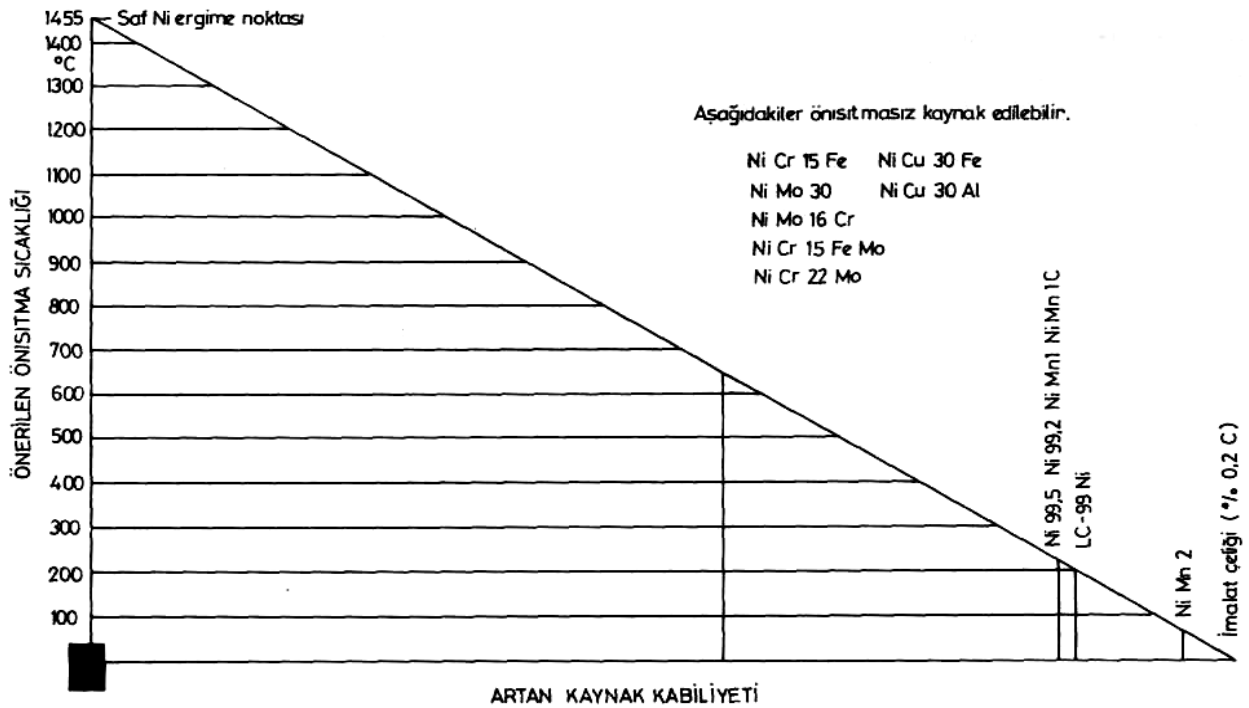
Ni malzemeler için önısıtma sıcaklığının hesabı

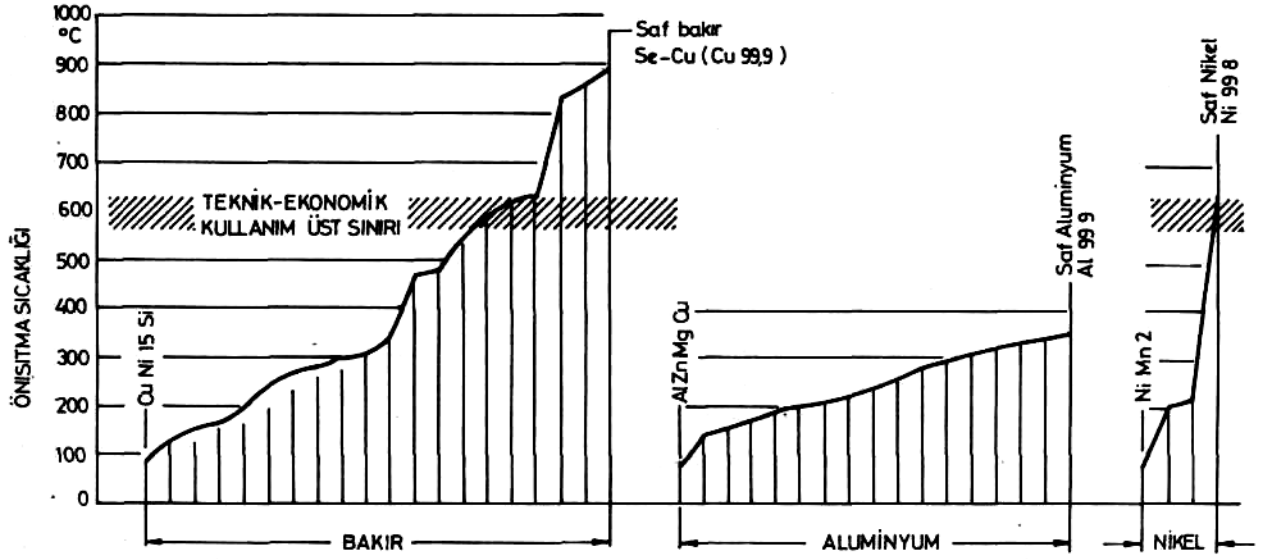
Ana malzeme (Gösteriliş)	Ergime sic. (Likidus) °C T _{erg.}	λ	$\frac{178}{\lambda}$	Hesaplanan teorik önısı. sıcaklığı °C	Önerilen pratik önısıtma sic. °C
Ni 99.8	1455	0.22	809	646	650
Ni 99.6	1445	0.145	1230	215	220
Ni 99.2	1445	0.145	1230	215	220
LC-Ni 99	1445	0.144	1235	210	210
NiMn 1	1450	0.145	1230	220	220
NiMn 2	1440	0.130	1370	70	70
NiMn 1 C	1445	0.145	1230	215	220

ANA MALZEME	T _{ERGİME} [°C]	λ [W/cmK]	T _{ÖNİSITMA} [°C]
Saf Alüminyum Al99,5	658	2,26	329
Şekillendirilmiş Alüminyum AlZn4,5Mg1	640	1,22	30
Saf Nikel Ni 99,8	1455	0,92	647
Nikel LC -Ni 99	1445	0,60	206
Saf Bakır SF-Cu	1080	3,35	858
Pirinç CuZn37	910	1,17	274

Şekillendirilmiş (çekilmiş, haddelenmiş) nikel malzemelerin ergime kaynağında ısı dağılımını azaltmak üzere uygulanan önısıtma sıcaklıklarının, alaşımsız, önısıtılmamış imalât çeliğine göre değerleri aşağıdaki grafikte görülür.

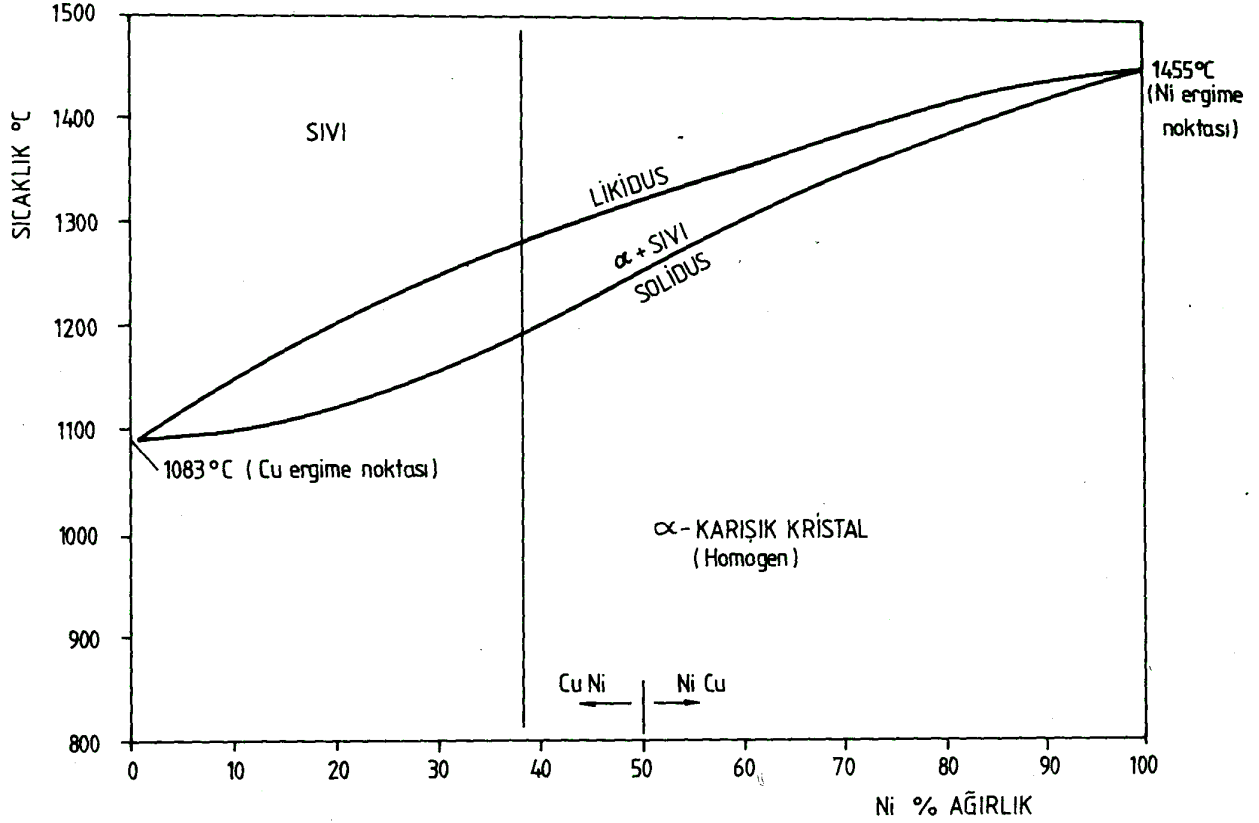
Demirdışı metalların ön ısıtma sıcaklıkları, malzeme grubu ve artan önısıtma sıcaklıklarına göre tertiplenmiş olarak, aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



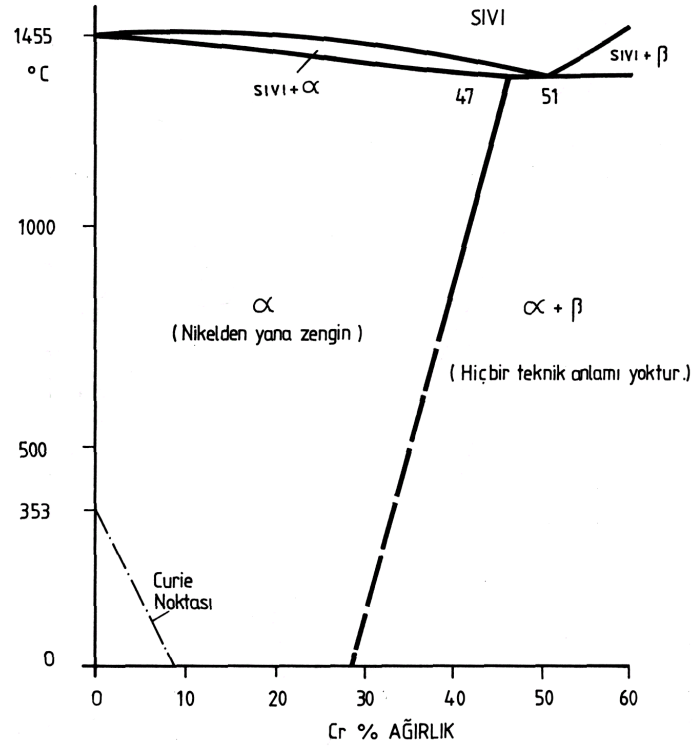


DENGE DİYAGAMLARI

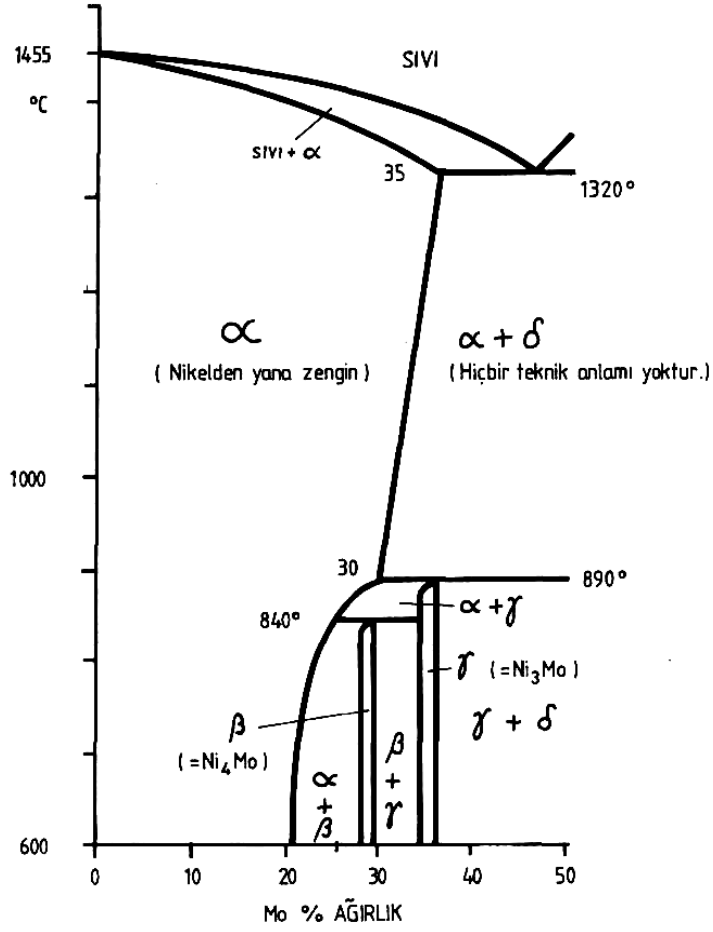
Cu-Ni denge diyagramı



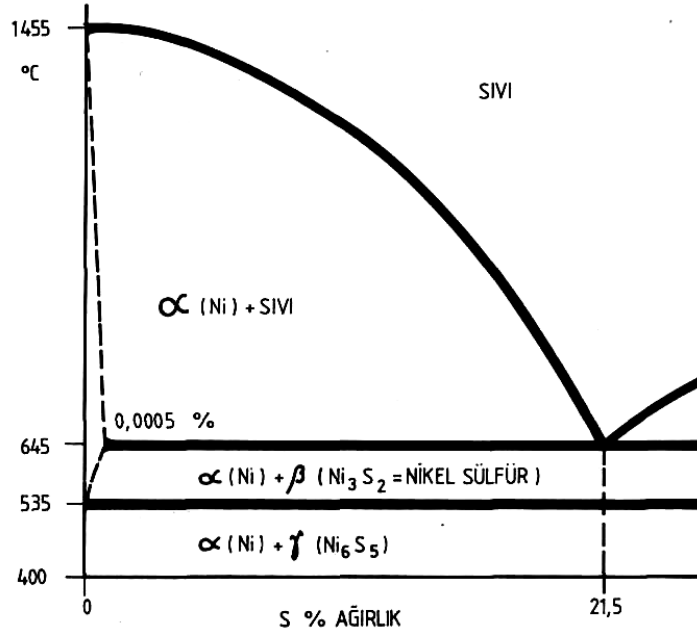
Ni-Cr denge diyagramı



Ni-Mo denge diyagramı



Ni-S denge diyagramı



Birçok nikel alaşımının kimyasal analizleriyle fiziksel ve mekanik karakteristikleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

NOMİNAL BİLEŞİMLER (%)

		NI	Cr	Fe	Cu	SI	Mn	Mo	Co	Ti	Al	C	S	Diğerleri
Nickel 200	min.	99.0	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	—	—	—
	max.	—	—	0.40	0.25	0.35	0.35	—	—	0.10	—	0.15	0.010	—
Nickel 201	min.	99.0	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	—	—	—
	max.	—	—	0.40	0.25	0.35	0.35	—	—	0.10	—	0.02	0.010	—
MONEL alloy 400	min.	63.0	—	—	kalanı	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	max.	70.0	—	2.5	—	0.5	2.0	—	—	—	—	0.30	0.024	—
MONEL alloy K-500	min.	63.0	—	—	kalanı	—	—	—	—	0.25	2.0	—	—	—
	max.	70.0	—	2.0	—	1.0	1.5	—	—	1.00	4.0	0.25	0.010	—
INCONEL alloy 600	min.	kalanı	14.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	max.	—	17.0	10.0	0.5	0.5	1.10	—	—	—	—	0.15	0.015	—
INCONEL alloy 625	min.	kalanı	20.0	—	—	—	—	8.0	—	—	—	—	—	Nb 3-15
	max.	—	23.0	5.0	—	0.5	0.5	10.0	—	0.4	0.4	0.10	0.015	4-15
INCONEL alloy 718	min.	50.0	17.0	kalanı	—	—	—	2.80	—	0.65	0.40	0.03	—	Nb 5-0
	max.	55.0	21.0	—	0.10	0.35	0.35	3.30	—	1.15	0.80	0.10	0.015	5-5
INCONEL alloy X-750	min.	70.0	14.0	5.0	—	—	—	—	—	2.25	0.4	—	—	Nb 0.70
	max.	—	17.0	9.0	0.50	0.5	1.0	—	—	2.75	1.0	0.08	0.01	1.20
INCOLOY alloy DS	min.	34.0	17.0	kalanı	—	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—
	max.	41.0	19.0	—	—	2.7	1.5	—	—	—	—	0.1	—	—
INCOLOY alloy 800	min.	30.0	19.0	kalanı	—	—	—	—	—	0.15	0.15	—	—	—
	max.	35.0	23.0	—	0.75	1.0	1.5	—	—	0.60	0.60	0.1	0.015	—
INCOLOY alloy 807	min.	40.0	20.5	kalanı	—	—	—	—	8.0	—	—	—	—	Nb 1.0
	max.	—	—	—	—	0.75	1.0	0.3	—	0.55	0.5	0.10	—	W 5.0
INCOLOY alloy 825	min.	38.0	19.5	kalanı	1.5	—	—	2.5	—	0.60	—	—	—	—
	max.	46.0	23.5	—	3.0	0.5	1.0	3.5	—	1.20	0.20	0.05	0.030	—
NIMONIC alloy 75	min.	kalanı	18.0	—	—	—	—	—	—	0.2	—	0.08	—	—
	max.	—	21.0	5.0	0.5	1.0	1.0	—	—	0.6	—	0.15	—	—
NIMONIC alloy 80A	min.	kalanı	18.0	—	—	—	—	—	—	1.8	1.0	—	—	—
	max.	—	21.0	3.0	—	1.0	1.0	—	2.0	2.7	1.8	0.10	—	—
NIMONIC alloy 90	min.	kalanı	18.0	—	—	—	—	—	15.0	1.8	0.8	—	—	—
	max.	—	21.0	3.0	—	1.5	1.0	—	21.0	3.0	2.0	0.13	—	Pb0.005max

NOMİNAL BİLEŞİMLER (%)

	Ni	Cr	Fe	Cu	Si	Mn	Mo	Co	Ti	Al	C	S	Diğerleri
NIMONIC alloy 263	min. kalanı max. —	20.0 —	— 0.75	— 0.2	0.25 —	0.40 —	5.9 —	20.0 —	2.15 —	0.45 —	0.06 —	— 0.007	B0-001 max Zr0-02 max
NIMONIC alloy PE13	min. kalanı max. —	20.5 23.0	17.0 20.0	— —	— 1.0	— 1.0	8.0 10.0	0.5 2.5	— —	— —	— 0.15	— —	W 0.2 1.0
NIMONIC alloy PE16	min. 42.0 max. 45.0	15.0 18.0	kalanı —	— —	— 0.3	— 0.2	2.5 4.0	— 2.0	0.9 1.5	0.9 1.5	— 0.10	— 0.015	B0-005 max Zr0-05 max
NIMONIC alloy PK33	min. kalanı max. —	16.0 20.0	— 1.0	— 0.2	— 0.5	— 0.5	5.0 9.0	12.0 16.0	1.5 3.0	1.7 2.5	— 0.07	— 0.015	B0-005 max Zr0-06 max
BRIGHTRAY alloy B	min. 55.0 max. 60.0	15.0 18.0	kalanı —	— —	— 0.5	— 1.5	— —	— —	— —	— —	— 0.1	— —	— —
BRIGHTRAY alloy C	min. kalanı max. —	18.0 21.0	— 1.0	— —	1.25 2.0	— 0.5	— —	— —	— —	0.1 0.5	— 0.1	— —	Nadir toprak ilavesi
BRIGHTRAY alloy F	min. 34.0 max. 41.0	17.0 19.0	kalanı —	— —	1.7 2.7	— 1.5	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
BRIGHTRAY alloy S	min. kalanı max. —	18.0 21.0	— 1.0	— —	— 1.0	— 0.5	— —	— —	— —	— —	— 0.1	— —	— —
NILO alloy 36	min. 35.0 max. 38.0	— —	kalanı —	— 0.3	— 0.3	— 0.8	— —	— —	— —	— —	— 0.15	— —	— —
NILO alloy 42	min. 41.5 max. 44.0	— —	kalanı —	— 0.3	— 0.3	— 0.8	— —	— —	— —	— —	— 0.15	— —	— —
NILO alloy 48	min. 47.0 max. 49.0	— —	kalanı —	— 0.3	— 0.3	— 0.8	— —	— —	— —	— —	— 0.15	— —	— —
NILO alloy K	min. 28.5 max. 30.8	— —	kalanı —	— 0.35	— 0.25	0.15 0.5	— —	16.5 17.5	— —	— —	— 0.10	— —	— —

Malzeme	Yoğunluk g/cm ³	Ergime aralığı °C	20°C 'ta özgül ısı cal/g °C	100°C 'ta ısıtılabilirlik cal/cm s °C	Ort. lineer ısıtılabilirlik katsayısı 20-600°C °C başına	20°C 'ta elektriksel rezistivite microm cm	Çekme mukavemeti tonf/in ²	Sertlik HV †
Nickel 200 and 201	8.89	1435-1445	0.11	0.16	15.5 × 10 ⁻⁶	9	30	100
MONEL alloy 400	8.83	1300-1350	0.10	0.058	16.6 × 10 ⁻⁶	51	32	125
MONEL alloy K-500	8.46	1315-1350	0.10	0.047	15.9 × 10 ⁻⁶	61	44	165
INCONEL alloy 600	8.42	1370-1425	0.11	0.038	15.3 × 10 ⁻⁶	103	40	160
INCONEL alloy 625	8.44	1290-1350	0.098	0.026	14.4 × 10 ⁻⁶	129	60	240
INCONEL alloy 718	8.19	1260-1335	0.10	0.030	15.2 × 10 ⁻⁶	125	60	240
INCONEL alloy X-750	8.25	1395-1425	0.10	0.031	14.9 × 10 ⁻⁶	121	60	240
INCOLOY alloy 800	8.02	1355-1385	0.12	0.031	17.1 × 10 ⁻⁶	99	40	150
INCOLOY alloy 800T	8.32	1400-1410	—	—	15.5 × 10 ⁻⁶	—	43	—
INCOLOY alloy 825	8.14	1370-1400	—	0.029	16.1 × 10 ⁻⁶	113	44	180
INCOLOY alloy DS	7.92	1320-1350	0.11	0.033	15.5 × 10 ⁻⁶	108	45	200
NIMONIC alloy 75	8.37	1375-1385	0.11	0.033	15.0 × 10 ⁻⁶	102	54	240
NIMONIC alloy 80A	8.22	1360-1370	0.10	0.029	14.8 × 10 ⁻⁶	117	52	210
NIMONIC alloy 90	8.18	1365-1375	0.11	0.031	14.6 × 10 ⁻⁶	114	56	240
NIMONIC alloy 263	8.36	1350-1360	0.11	0.031	13.9 × 10 ⁻⁶	115	51	195
NIMONIC alloy PE13	8.35	1250-1290	0.11	0.027	15.2 × 10 ⁻⁶	118	53	230

Malzeme	Yoğunluk g/cm ³	Ergime aralığı °C	20°C'ta özgül ısı cal/g °C	100°C'ta ısı iletkenlik cal/cm s °C	Ort. lineer ısı genleşme katsayısı 20-600°C °C başına	20°C'ta elektriksel rezistivite microm cm	Çekme mukavemeti tonf/in ²	Sertlik HV [†]
NIMONIC alloy PE16	8-02	1350-1360	0-13	0-033	15-8 · 10 ⁻⁶	110	44	
NIMONIC alloy PK33	8-21	1340-1350	0-10	0-030	13-4 · 10 ⁻⁶	126	61	250
BRIGHTRAY alloy B	8-22	1400-1420	0-11	0-035	15-0 · 10 ⁻⁶	110	45	185
BRIGHTRAY alloy C	8-32	1380-1400	0-10	0-038	15-0 · 10 ⁻⁶	110	48	195
BRIGHTRAY alloy F	7-92	1320-1350	0-098	0-034	17-4 · 10 ⁻⁶	110	47	185
BRIGHTRAY alloy S	8-43	1400-1420	0-10	0-038	14-8 · 10 ⁻⁶	110	48	195
NİLO alloy 36	8-13	1450 ~	0-12	0-025	(11-4) · 10 ⁻⁶	78	32	135
NİLO alloy 42	8-13	1450 ~	0-12	0-025	9-6 · 10 ⁻⁶	57	32	150
NİLO alloy 48	8-20	1450 ~	0-12	0-033	10-2 · 10 ⁻⁶	44	34	140
NİLO alloy K	8-16	1450 ~	0-12	0-042	7-9 · 10 ⁻⁶	46	34	160

Parantez içindeki değerler ekstrapoledir.

- Yaşlandırma sertleşmeli alaşımlarda tavlama eriyik işlemini etkileyecektir.
- + Verilmiş olan mekanik nitelikler soğuk çekme tavllanmış saçlar için tipik verilerdir. Eğilim, soğuk çekme tavllanmış ürünlere göre hafifçe daha az mukavemet ve daha yüksek süneklik elde etme yönündedir. Bu farkların miktarları alaşım ve işlemlerinin öyküsüne göre değişir.
- + "Çekilmiş halde" nitelikler

ANA MALZEMELER

Katı eriyik alaşımları

Nikel 200 ve 201; Monel 400; Inconel 600, 625; Incoloy DS 800, 807, 825, Nimonic 75; PEI 3; Brightray alaşımları ve Nilo alaşımları, katı eriyik alaşımları olup her kalınlıkta kolaylıkla kaynak edilebilirler. Herne kadar belli miktarda soğuk işlemeye müsaade edilebilirse de malzeme, kaynaktan önce tavllanmış halde olacaktır. Müsaade edilebilen soğuk işleme alaşıma ve parçanın tasarımına göre değişir; mamafih basit işme ve hadde işlemleri mutlaka kaynak öncesi yeniden tavlama gerektirmez.

Bu alaşımlarda meydana gelen IEB, "kaynak çürümesi" ya da azami sertleşme gibi tehlikeler arzetmeyip normal olarak herhangi bir kaynak sonrası ısıl işlemi gerekmez. Ancak bazen kostik soda, flüosilikatlar ve bazı cıva tuzlarıyla temas bahis konusu olunca, bir gerilim giderme işlemi istenebilir.

Çökelme sertleşmeli alaşımlar

Monel K-500; inconel X-750 ve 718; Nimonic 80A, 90, 263; PEI 6 ve PK33 çökelme sertleşmeli alaşımların hepsi, maksimum mekanik niteliklerini geliştirmek için ısı işlemleri gerektirirler. Katı eriyik alaşımlarında olduğu gibi, kaynak işlemi, tavlı malzeme üzerinde yürütülecektir. Bu alaşımlar üzerinde kaynakların çoğunluğu TIG yöntemi veya direnç kaynağı teknikleriyle olur.

inconel 718 dışında bütün bu alaşımlar nikel-alüminyum-titanium çökelme sertleşmesi sistemine dayanırlar. Bu nikel-alüminyum-titanium sistemi alaşımlara çok hızlı bir çökelme sertleşmesi sağlar ve bunun sonucunda IEB çatlaması, uygun ısı işleminin yapılmaması halinde, kaynaktan sonra vaki olur. Ayrıca Nimonic 80A, 90 ve PK 33 gibi alaşımlara, kayrak metali ve IEB'de kıl çatlakları hasıl etmeden 4.75 mm (3/16 in) den kalın parçalarda ergime kaynağı yapılamaz. Öbür yandan bu üç alaşımda, kalın kesitlerde alın flaş kaynağı yapılabilir.

Inconel 718, çok daha yavaş bir sertleşme hasıl eden nikel-niobium-alüminyum-titanium sistemiyle çökelme sertleşmesine uğrar. Bu alaşım, dolayısıyla, IEB çatlamasına daha az hassas olup doğruca kaynaktan sonra yaşlandırılabilir.