



**Patentgesuch für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

**(12) AUSLEGESCHRIFT A3**

(11)

**621 663 G**

(21) Gesuchsnummer: 1764/73

(71) Patentbewerber:  
The Foundation: The Research Institute of Electric  
and Magnetic Alloys, Sendai City (JP)

(22) Anmeldungsdatum: 07.02.1973

(72) Erfinder:  
Hakaru Masumoto, Sendai City (JP)  
Hideo Saito, Sendai City (JP)  
Takeo Kobayashi, Natori City (JP)

(42) Gesuch  
bekanntgemacht: 27.02.1981

(74) Vertreter:  
E. Blum & Co., Zürich

(44) Auslegeschrift  
veröffentlicht: 27.02.1981

(56) Recherchenbericht siehe Rückseite

**(54) Elastisches Antriebselement für Zeitmessgeräte.**

(57) Das Antriebselement für Zeitmessgeräte ist aus einer Legierung, welche 5 bis 70 Gew.-% Kobalt, 20 bis 85 Gew.-% Eisen, 1 bis 30 Gew.-% Chrom, 0,01 bis 30 Gew.-% Nickel, 0,01 bis 10 Gew.-% Niob und 0,01 bis 5 Gew.-% Vanad enthält. Ferner kann diese Legierung 0,01 bis 5 Gew.-% Wolfram oder/und Molybdän oder/und Mangan enthalten.



## RAPPORT DE RECHERCHE

## RECHERCHENBERICHT

Demande de brevet No.:  
Patentgesuch Nr.:

1784/73

I.I.B. Nr.: HO 10 290

Documents considérés comme pertinents Einschlägige Dokumente			
Catégorie Kategorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes. Kennzeichnung des Dokuments, mit Angabe, soweit erforderlich, der massgeblichen Teile	Revendications concernées Betrifft Anspruch Nr.	
	<p><u>CH-A-283 484</u> (DUBOIS)</p> <p>* Patentanspruch 1, Unteransprüche 1 und 4 *</p> <p>-----</p> <p><u>CH-A-371 470</u> (RESEARCH INSTITUTE FOR ELECTRIC AND MAGNETIC ALLOYS)</p> <p>* Unteranspruch 4 *</p> <p>-----</p> <p><u>US-A-2 859 149</u> (STRAUMANN)</p> <p>* Anspruch 2 *</p> <p>-----</p>	I; 2	
		I	Domaines techniques recherchés Recherchierte Sachgebiete (INT. CL. <sup>2</sup> )
		I;1,2	
			<b>Catégorie des documents cités</b> <b>Kategorie der genannten Dokumente:</b> X: particulièrement pertinent von besonderer Bedeutung A: arrière-plan technologique technologischer Hintergrund O: divulgation non-écrite nichtschriftliche Offenbarung P: document intercalaire Zwischenliteratur T: théorie ou principe à la base de l'invention der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: demande faisant interférence kollidierende Anmeldung L: document cité pour d'autres raisons aus andern Gründen angeführtes Dokument &: membre de la même famille, document correspondant Mitglied der gleichen Patentfamilie; übereinstimmendes Dokument

## Etendue de la recherche/Umfang der Recherche

Revendications ayant fait l'objet de recherches  
Recherchierte Patentansprüche:Revendications n'ayant pas fait l'objet de recherches  
Nicht recherchierte Patentansprüche:Raison:  
Grund:

Date d'achèvement de la recherche/Abschlussdatum der Recherche

Examinateur I.I.B./I.I.B. Prüfer

2. Mai 1974

## PATENTANSPRÜCHE

1. Elastisches Antriebselement für Zeitmessgeräte, das aus einer Legierung besteht, deren Grundbestandteile Kobalt, Eisen, Chrom und Nickel bilden, dadurch gekennzeichnet, dass sie die folgenden Bestandteile in folgenden Mengen enthält:

5 bis 70 Gew.% Kobalt,  
20 bis 85 Gew.% Eisen  
1 bis 30 Gew.% Chrom  
0,01 bis 30 Gew.% Nickel  
0,01 bis 10 Gew.% Niob und  
0,01 bis 5 Gew.% Vanad.

2. Antriebselement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung außerdem jeweils 0,01 bis 5 Gew.%, mindestens eines der folgenden Elemente enthält: Wolfram, Molybdän und Mangan.

3. Antriebselement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Temperaturkoeffizient des Elastizitätsmoduls des Antriebselementes im Bereich von  $-40 \times 10^{-5}$  bis  $+60 \times 10^{-5}$  liegt.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein elastisches Antriebselement für Zeitmessgeräte, das aus einer Legierung besteht, deren Grundbestandteile Kobalt, Eisen, Chrom und Nickel sind.

Der Temperaturkoeffizient der Resonanzfrequenz bzw. der Eigenschwingungszahl des erfindungsgemäßen Antriebselementes sowie Abweichung oder Ausschlag desselben kann nun auf einen vorher bestimmten gewünschten Wert gebracht werden, der im Bereich von regelrecht negativen Werten bis zu hohen positiven Werten liegt. Das erfindungsgemäße elastische Antriebselement hat auch einen hohen Elastizitätsmodul, eine hohe Fliessgrenze oder Streckgrenze (yield point), eine hohe Reissfestigkeit, eine grosse Härte und eine geringe Elastizitätshystereseis.

Als Material, das sich nichtverändernde elastische Eigenschaften aufweist, wurden bisher Elinvar-Legierungen aus Eisen-Nickel-Chrom-Systemen verwendet. In den japanischen Patentschriften Nrn. 135 850, 147 624 und 147 921 sind Kobalt enthaltende Elinvar-Legierungen, die in der Folge «Coelinvar-Legierungen» genannt werden, beschrieben, wobei diese Legierungen aus einem ternären Kobalt-Eisen-Chrom-System oder einem quaternären Kobalt-Eisen-Chrom-Nickel-System bestehen. Diese bisher bekannten elastischen Legierungen weisen jedoch den Nachteil auf, dass ihr Elastizitätsmodul, ihre Streckgrenze, ihre Reissfestigkeit und ihre Härte relativ gering sind. Außerdem besitzen Federn, die aus bisher bekannten elastischen Legierungen hergestellt wurden, eine wesentliche Elastizitätshystereseis.

Ziel der vorliegenden Erfindung war es daher, Materialien für ein elastisches Antriebselement zu finden, die verbesserte elastische Eigenschaften und verbesserte übrige mechanische Eigenschaften besitzen.

Es wurde nun überraschenderweise gefunden, dass durch die Zugabe von Niob zu einer Coelinvar-Legierung eine verbesserte elastische Legierung erzielt werden kann, die einen geringeren Temperaturkoeffizienten der Eigenschwingungszahl und einen geringeren Temperaturkoeffizienten des Biegungsausschlages (deflection) aufweist sowie einen hohen Elastizitätsmodul, eine hohe Streckgrenze, eine hohe Reissfestigkeit und eine grosse Härte.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher ein elastisches Antriebselement, das aus einer Legierung besteht, die

5 bis 70 Gew.% Kobalt, 20 bis 85 Gew.% Eisen, 1 bis 30 Gew.% Chrom, 0,01 bis 30 Gew.% Nickel, 0,01 bis 10 Gew.% Niob und 0,01 bis 5 Gew.% Vanad enthält.

Wenn in der Folge Prozentsätze angeführt werden, dann sind darunter immer Gewichtsprozent zu verstehen.

Die genannte Legierung kann zusätzlich noch 0,01 bis 5 Gew.% jedes der in der Folge angegebenen Elemente enthalten: Wolfram, Molybdän, Mangan sowie Mischungen aus zwei oder mehreren der oben angeführten Elementen. Der Temperaturkoeffizient und der Elastizitätsmodul der Legierungen kann so eingestellt werden, dass er einen erwünschten Wert besitzt, der im Bereich von stark negativen Werten, beispielsweise etwa  $-40 \times 10^{-5}$  bis zu stark positiven Werten, beispielsweise etwa  $60 \times 10^{-5}$  liegt. Der Elastizitätsmodul, die Streckgrenze, die Reissfestigkeit und die Härte der Legierungen liegen alle bei einem relativ hohen Wert.

Zur Herstellung des erfindungsgemäßen elastischen Antriebselementes kann man mit Vorteil so verfahren, dass man die geeigneten Mengen der vorhin genannten Legierungsbestandteile miteinander verschmilzt. Bei diesem Schmelzvorgang soll Sorge getragen werden, damit eine Oxidation von Elementen verhindert wird und damit ferner verhindert wird, dass irgendwelche Fremdbestandteile in die Schmelze eingebracht werden. Die Schmelze der Legierung kann dann in eine geeignete Form gegossen und anschliessend bei einer geeigneten hohen Temperatur geschmiedet werden, wobei diese Temperatur je nach der Zusammensetzung der Legierung gewählt wird. Dann kann die Legierung entweder bei erhöhter Temperatur oder bei Zimmertemperatur in die gewünschte Form gebracht werden, beispielsweise zu Drähten verarbeitet, und zwar mit Hilfe eines Walzvorganges oder durch Ziehen. Diese Verformungsschritte können so durchgeführt werden, dass sie den Anforderungen entsprechen, die für die verschiedenen Anwendungsgebiete gestellt werden. Nach der Formgebung kann die Legierung getempert werden, indem man sie auf 500 bis 1200°C erhitzt und langsam abkühlt. Um die Elastizität zu verbessern, kann es vorteilhaft sein, die Legierung durch Kaltbearbeitung nach dem Tempern in die gewünschte Form zu bringen und dann das Material auf eine Temperatur zu erhitzten, die unterhalb von 750°C liegt, und allmählich abzukühlen. Die Bearbeitbarkeit der Legierung kann verbessert werden, indem man die Legierung ausgehend von einer hohen Temperatur abschreckt, ehe man die Legierung schmiedet oder walzt.

Um einen fehlerfreien, also dichten Block zu erhalten und um die Schmiedbarkeit der Legierung und andere mechanische Eigenschaften zu verbessern, kann die elastische Legierung bis zu 2 Gew.% eines oder mehrerer der Elemente der folgenden Gruppe enthalten: Silicium, Aluminium, Titan, Bor, Zircon und Beryllium. Vorzugsweise wird die Legierung unter Vakuum geschmolzen, und zwar dann, wenn eine besonders gute Bearbeitbarkeit und sehr gute mechanische Eigenschaften erwünscht sind.

In den Tabellen 1 und 2 sind die physikalischen Eigenschaften einer Anzahl von Proben der elastischen Legierung, die zur Herstellung des elastischen Antriebselementes dient, wiedergegeben, und es ist auch dort die Zusammensetzung der entsprechenden Legierungen angeführt. Man sieht aus den Tabellen 1 und 2, dass der Temperaturkoeffizient des Elastizitätsmoduls der Legierung von ziemlich stark negativen Werten bis zu ziemlich stark positiven Werten reicht und dass die mechanischen Eigenschaften derjenigen Proben, die getempert und kaltbearbeitet wurden, wesentlich besser sind als diejenigen von solchen Proben, die lediglich getempert wurden. Zu Vergleichszwecken sind die physikalischen Eigenschaften von üblichem Coelinvar am unteren Ende jeder Tabelle angeführt. Die physikalischen Eigenschaften der Legierungen sind wesentlich besser als diejenigen der Coelinvar-Legierungen.

Tabelle 1

Zusammensetzung der Legierung <sup>1</sup>					Behandlung					
Co %	Cr %	Ni %	Nb %	Fe %	Elastizitäts- modul bei 20°C in kg/cm <sup>2</sup>	Temperatur- koeffizient des Elastizitäts- moduls zwischen 0 und 40°C	Vickers- Härte bei 20°C	Streckgrenze bei 20°C in kg/mm <sup>2</sup>	Reiss- festigkeit bei 20°C in kg/mm <sup>2</sup>	
37,0	1,6	8,8	3,4	Rest	$18,40 \times 10^5$	$0,00 \times 10^{-5}$	215	45	70	
20,2	5,0	8,8	3,4	Rest	18,55	-29,60	218	46	72	
35,0	5,0	8,8	3,4	Rest	18,60	-20,20	220	46	73	
25,0	10,0	8,8	3,4	Rest	18,70	-0,50	221	43	74	
30,1	10,0	8,8	3,4	Rest	18,75	+19,50	220	43	74	
44,5	10,1	8,8	3,4	Rest	18,74	-30,10	222	44	74	
38,0	11,8	8,8	3,4	Rest	18,80	+0,50	225	45	75	
30,0	12,9	8,8	3,4	Rest	18,83	-0,50	225	46	75	
30,0	20,6	8,8	3,4	Rest	18,90	-29,55	230	47	76	
37,4	2,5	16,0	3,4	Rest	18,55	0,00	215	47	76	
33,8	4,8	16,0	3,4	Rest	18,60	+14,60	216	51	75	
44,9	4,9	16,0	3,4	Rest	18,70	-29,00	208	48	78	
24,3	9,8	16,0	3,4	Rest	19,40	+0,20	225	50	75	
17,7	9,9	16,0	3,4	Rest	19,64	-28,55	226	51	74	
35,7	10,0	16,0	3,4	Rest	19,55	+0,30	220	51	76	
28,8	10,0	16,0	3,4	Rest	19,55	+14,80	219	50	70	
30,0	11,7	16,0	3,4	Rest	19,60	+0,20	218	47	78	
30,0	17,2	16,0	3,4	Rest	20,50	-29,50	235	49	79	
40,0	1,4	22,3	3,4	Rest	18,90	-29,80	220	46	72	
24,5	10,0	22,3	3,4	Rest	19,10	-29,90	223	47	74	
40,1	10,2	22,3	3,4	Rest	19,20	-5,60	224	47	74	
47,7	10,2	22,3	3,4	Rest	19,30	-30,10	224	46	75	
40,0	11,5	22,3	3,4	Rest	19,60	-29,90	225	45	75	
30,0	17,2	22,3	3,4	Rest	20,10	-30,10	230	48	76	
25,0	5,0	27,6	3,4	Rest	19,70	-12,50	226	46	74	
30,0	5,0	27,6	3,4	Rest	19,68	-20,30	226	45	73	
40,1	5,2	27,6	3,4	Rest	19,70	-28,90	225	46	74	
20,2	10,1	27,6	3,4	Rest	19,80	-29,00	230	47	75	
29,9	10,2	27,6	3,4	Rest	19,90	-19,50	230	49	76	
30,0	11,5	27,6	3,4	Rest	19,95	-29,60	232	50	76	
43,6 <sup>2</sup>	34,6	16,0	0,0	Rest	18,30	+1,0	161	22	56	

<sup>1</sup> Zusätzlich zu den genannten Hauptbestandteilen sind die folgenden weiteren Elemente enthalten: 0,5% Mangan, 0,2% Silicium, 0,1% Titan und 0,1% Aluminium.

<sup>2</sup> Übliche Coelinvar-Legierung.

Tabelle 2

Zusammensetzung der Legierung <sup>1</sup>					Behandlung					
Co %	Cr %	Ni %	Nb %	Fe %	Elastizitäts- modul bei 20°C in kg/cm <sup>2</sup>	Temperatur- koeffizient des Elastizitäts- moduls zwischen 0 und 40°C	Vickers- Härte bei 20°C	Streckgrenze bei 20°C in kg/mm <sup>2</sup>	Reiss- festigkeit bei 20°C in kg/mm <sup>2</sup>	
25,0	0,8	8,8	3,4	Rest	$18,70 \times 10^5$	$+0,20 \times 10^{-5}$	295	120	132	
25,0	5,0	8,8	3,4	Rest	18,80	+14,50	300	122	130	
33,2	8,5	8,8	3,4	Rest	18,83	-0,50	306	124	135	
15,5	10,0	8,8	3,4	Rest	18,90	-29,53	307	123	136	
25,0	10,1	8,8	3,4	Rest	18,91	+13,10	308	124	136	
44,5	10,1	8,8	3,4	Rest	19,20	-29,90	309	125	135	
25,0	15,5	8,8	3,4	Rest	19,10	+0,40	310	130	138	
25,1	19,8	8,8	3,4	Rest	20,20	-30,15	320	132	140	
23,0	5,0	16,0	3,4	Rest	19,30	0,00	325	125	140	
32,7	5,0	16,0	3,4	Rest	18,90	-1,00	340	134	145	

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Zusammensetzung der Legierung <sup>1</sup>					Behandlung					
Co %	Cr %	Ni %	Nb %	Fe %	Elastizitäts- modul bei 20°C in kg/cm <sup>2</sup>	Temperatur- koeffizient des Elastizitäts- moduls zwischen 0 und 40°C	Vickers- Härte bei 20°C	Streckgrenze bei 20°C in kg/mm <sup>2</sup>	Reiss- festigkeit bei 20°C in kg/mm <sup>2</sup>	
24,3	5,0	16,0	3,4	Rest	19,40	+14,55	326	124	139	
44,2	5,2	16,0	3,4	Rest	18,90	-28,55	328	118	136	
15,5	10,1	16,0	3,4	Rest	19,65	-28,50	330	130	145	
24,5	10,2	16,0	3,4	Rest	19,60	+12,78	340	120	137	
25,0	15,1	16,0	3,4	Rest	19,90	+ 0,50	316	113	138	
33,2	18,5	16,0	3,4	Rest	20,55	-29,40	345	135	148	
24,5	10,0	22,3	3,4	Rest	19,44	-29,83	310	124	134	
38,4	10,1	22,3	3,4	Rest	19,70	+ 0,50	315	126	135	
40,0	10,1	22,3	3,4	Rest	20,20	- 0,72	315	130	135	
49,5	10,2	22,3	3,4	Rest	20,10	-30,00	316	130	136	
35,0	19,0	22,3	3,4	Rest	20,30	-29,80	340	132	137	
25,0	5,0	27,6	3,4	Rest	20,33	- 9,12	350	134	130	
44,0	5,0	27,6	3,4	Rest	20,40	-30,10	320	125	132	
17,5	10,2	27,6	3,4	Rest	20,40	-29,50	319	124	132	
30,0	18,5	27,6	3,4	Rest	20,50	-30,20	330	130	140	
60,0 <sup>2</sup>	10,0	16,0	0,0	Rest	16,60	+ 1,00	250	83	102	

<sup>1</sup> Zusätzlich zu den oben genannten Bestandteilen sind kleinere Mengen an den folgenden Elementen enthalten: 0,5% Mangan, 0,2% Silicium, 0,1% Titan und 0,1% Aluminium.

<sup>2</sup> Übliche Coelinvar-Legierung. Diese wurde durch 2½stündiges Erhitzen auf 630°C getempert, mit einer Geschwindigkeit von 100°C pro Stunde gekühlt und dann in einem Verhältnis von 84% kaltbearbeitet.

Bei der durchgeführten Kaltbearbeitung handelt es sich um eine Kaltstreckung.

Zur besseren Erläuterung ist auch eine Zeichnung beigelegt. In der Zeichnung ist auf der Abszisse die Belastung der Proben in kg angeführt. Auf der Ordinate ist die Dehnung in cm angegeben. Die Knickstelle, bezeichnet mit senkrechten Pfeilen, sämtlicher Kurven A, B, C und D, d.h. die Stelle, wo bei einer geringen Erhöhung der Belastung in kg die Dehnung sehr rasch ansteigt, zeigt die jeweilige Streckgrenze an. Diese Streckgrenze ist in der Zeichnung bei sämtlichen Kurven mit einem Pfeil markiert.

Die Kurve A veranschaulicht das Verhalten der Coelinvar-Legierung.

Die Kurve B veranschaulicht das Verhalten der Probe

Nr. 7, die Kurve C das Verhalten der Probe Nr. 8 und die 35 Kurve D das Verhalten der Probe Nr. 9.

In der Zeichnung ist also die unter einer Belastung von einer bestimmten Anzahl von kg erfolgende Dehnung in cm für die verschiedenen Legierungen angeführt, d.h. es handelt sich um Belastungs-Dehnungs-Kurven.

40 Die Erfindung sei nun anhand von Beispielen näher erläutert:

#### Beispiel 1

Es wurden Federn für Uhren hergestellt, die an Hemmungsrädern bzw. Schwungrädern (balance-wheels) von Messingauflagen befestigt waren, wobei man diese Federn unter Verwendung der Legierungsproben Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 3, die in der folgenden Tabelle 3 beschrieben sind, herstellte.

Tabelle 3

Bestandteil	Zusammensetzung in Gew.% Probe Nr. 1	Probe Nr. 2	Probe Nr. 3
Kobalt	25,0	31,0	30,0
Chrom	15,1	10,2	8,5
Nickel	16,0	16,0	16,0
Niob	3,4	3,4	3,4
Mangan	0,5	0,5	0,5
Silicium	0,2	0,2	0,2
Titan	0,1	0,1	0,1
Aluminium	0,1	0,1	0,1
Eisen	Rest auf 100%	Rest auf 100%	Rest auf 100%

Zur Herstellung der Legierung jeder der angeführten Proben wurden Kobalt, Eisen und Nickel in einen Aluminium-oxiddiegel gegeben, und zwar in den Mengenverhältnissen, die in Tabelle 3 angeführt sind. Der Tiegel, der die Bestand-

65 teile des Ausgangsmaterials enthielt, wurde in einen elektrischen Hochfrequenz-Induktionsofen eingebracht, um die Elemente zu erschmelzen, und dann wurden Chrom und Niob der so hergestellten Schmelze zugesetzt. Die Schmelze dieser

Elemente wurde gründlich gerührt, um sie homogen zu machen. Eine geringe Menge an jedem der Elemente Mangan, Silicium, Titan und Aluminium wurde dann der Schmelze zu einem geeigneten Zeitpunkt der Legierungsherstellung zugesetzt, und zwar als Mittel zur Entfernung von Sauerstoff und Schwefel, damit in an sich bekannter Weise ein guter fester Barren erhalten wird.

Der Barren, der aus jeder der oben erwähnten Proben erhalten wurde, wurde durch Heisschmieden, Keilziehen sowie Ziehen zu einem runden Draht von 1 mm Durchmesser geformt. Dieser Draht wurde durch eine 2stündige Erhitzung auf 1000°C hitzebehandelt und dann durch Kaltbearbeitung in ein Band einer Dicke von 0,072 mm und einer Breite von 0,36 mm umgeformt, wobei die Kaltbehandlung aus einem Ziehen und Walzen bestand. Das Band wurde an der Innenseite eines Eisenringes mit einem inneren Durchmesser von 14,5 mm aufgewickelt und dann einer weiteren Wärmebehandlung unterworfen, indem man es 2½ Stunden lang bei 715°C im Vakuum erhitzte und anschliessend allmählich abkühlte. Durch diesen letzten Arbeitsgang wurden die feinen Federn für Uhren fertiggestellt.

Der Temperaturkoeffizient der so erhaltenen Federn wurde getestet, indem man Uhren verwendete, die mit diesen so hergestellten feinen Federn ausgestattet waren. Die dabei erzielten Resultate sind in der Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4

	Probe Nr. 1	Probe Nr. 2	Probe Nr. 3	feine Feder aus Phosphorbronze zu Vergleichszwecken
Temperaturkoeffizient der Uhr in Sekunden pro °C pro 24 Stunden	+0,2	+0,1	-0,3	-14,0

Aus der Tabelle sieht man, dass bei Verwendung der feinen Federn, die aus den vorliegenden Legierungen bereitet wurden, der Temperaturkoeffizient der Uhren oder die Zeitabweichung der Uhren aufgrund einer Veränderung der Umgebungstemperatur stark vermindert werden kann im Vergleich zu Uhren, die mit üblichen feinen Federn aus Phosphorbronze betrieben werden. Diese üblichen Federn aus Phosphorbronze bestanden aus 6% Zinn und 0,2% Phosphor, wobei der Rest auf 100% aus Kupfer bestand.

## Beispiel 2

Unter Verwendung der Legierungsproben Nr. 4, Nr. 5 und Nr. 6, die in der folgenden Tabelle 5 angeführt sind, wurden Stimmgabeln hergestellt.

Tabelle 5

Bestandteil	Zusammensetzung in Gew. %		
	Probe Nr. 4	Probe Nr. 5	Probe Nr. 6
Kobalt	33,5	35,0	33,0
Chrom	10,1	10,0	9,0
Nickel	16,0	16,0	16,0
Niob	2,9	3,4	6,5
Mangan	0,4	0,4	0,4
Silicium	0,2	0,3	0,2
Titan	0,15	0,16	0,16
Aluminium	0,15	0,16	0,15
Eisen	Rest auf 100%	Rest auf 100%	Rest auf 100%

Feste Barren wurden unter Verwendung der Proben Nr. 4, Nr. 5 und Nr. 6 in der gleichen Weise hergestellt, wie dies in Beispiel 1 beschrieben ist, und die Barren jeder dieser Proben wurden zu einem runden Stab eines Durchmessers von 2 mm und einer Länge von 11 bis 12 cm geformt, und zwar durch Heisschmieden und durch Keilziehen. Die runden Stäbe wurden dann einer Hitzebehandlung unterworfen, indem man sie eine Stunde lang auf 1000°C erhitzte und dann allmählich abkühlte.

Die Resonanzfrequenz jedes dieser Stäbe (diese lag bei 600 bis 900 Hz) wurde bei verschiedenen Temperaturen bestimmt, die im Bereich von 0 bis 40°C lagen. Zu diesen Versuchen wurden die Stäbe mit Hilfe elektrischer Felder zum Schwingen gebracht (electric capacitance driving method). Die mittleren Temperaturkoeffizienten der Resonanzfrequenz bzw. der Eigenfrequenz der Stäbe in dem vorhin angegebenen Temperaturbereich wurden basierend auf diesen Messungen bestimmt. Die dabei erzielten Resultate sind in Tabelle 6 wiedergegeben.

Tabelle 6

	Probe Nr. 4	Probe Nr. 5	Probe Nr. 6	Eisenstimmgabel zu Vergleichszwecken
Temperaturkoeffizient der Resonanzfrequenz zwischen 0 und 40°C	+0,2×10 <sup>-5</sup>	+0,1×10 <sup>-5</sup>	-0,1×10 <sup>-5</sup>	-25×10 <sup>-5</sup>

Wie aus Tabelle 6 zu ersehen ist, kann mit Hilfe der vorliegenden Legierungen der Temperaturkoeffizient der Resonanzfrequenz der Stimmgabeln im Vergleich zu üblichen Eisenstimmgabeln wesentlich herabgesetzt werden. Aus diesem Grund können mit den vorliegenden Legierungen Stimmgabeln mit hervorragend guten Eigenschaften hergestellt werden.

## Beispiel 3

Es wurden Spiralfedern hergestellt, und zwar unter Verwendung von Proben der Legierungen Nr. 7, Nr. 8 und Nr. 9, die in der folgenden Tabelle 7 angeführt sind.

Tabelle 7

Bestandteil	Zusammensetzung in Gew. %		
	Probe Nr. 7	Probe Nr. 8	Probe Nr. 9
Kobalt	32,2	38,0	38,0
Chrom	9,3	12,0	12,0
Nickel	16,0	16,0	16,0
Niob	3,4	2,0	3,5
Wolfram	0	4,0	3,0
Molybdän	0	4,0	3,0
Mangan	0,7	1,2	1,2
Silicium	0,3	0,8	0,8
Titan	0,5	1,0	1,0
Aluminium	0,2	0,1	0,1
Eisen	Rest auf 100%	Rest auf 100%	Rest auf 100%

Zur Herstellung der in der Tabelle 7 angeführten Legierungen wurden die Elemente Kobalt, Eisen und Nickel in einen Aluminiumoxidiegel gegeben, und zwar in den Men-

genverhältnissen, die zur Erzielung der in der Tabelle 7 angeführten Legierungsproben nötig waren. Der Tiegel, der diese als Ausgangsmaterial benötigten Elemente enthielt, wurde in einen elektrischen Hochfrequenz-Induktionsofen eingebracht, um diese Elemente zu erschmelzen. Dann wurden die angegebenen Mengen an jedem der Elemente Mangan, Silicium, Chrom, Niob, Molybdän, Titan und Aluminium zu der Schmelze in der oben angeführten Reihenfolge zugesetzt. Jede Schmelze der Legierungselemente wurde gründlich gerührt, um sie homogen zu machen, und dann wurde die so erhaltene Legierungs-Schmelze in eine Form gegossen, um feste Barren aus den oben angegebenen Legierungsproben herzustellen. Der Barren jeder dieser Proben wurde zu einem runden Stab eines Durchmessers von 5,2 mm geformt, und zwar durch Heisschmieden und Walzen.

Der Stab wurde dann einer Hitzebehandlung unterworfen, indem man ihn eine Stunde lang auf 1000°C erhitzte, anschliessend kühlte und dann zu einem runden Draht eines Durchmessers von 1,2 mm kaltverformte. Der Draht wurde zu einer festen Spiralfeder aufgewickelt, die einen Durchmesser von 17,8 mm besass und 14 Windungen aufwies. Die Spiralfeder wurde dann einer weiteren Hitzebehandlung unterworfen, indem man sie im Vakuum 2½ Stunden lang auf 715°C erhitzte und dann allmählich abkühlte. In dieser Weise wurden die Spiralfedern fertiggestellt.

Versuche zur Bestimmung der Reissfestigkeit wurden an den so hergestellten Spiralfedern durchgeführt. Die dabei erhaltenen Ergebnisse sind in der Zeichnung wiedergegeben.

Die Spiralfeder der Legierungsprobe Nr. 7 hatte eine Streckgrenze von 3,5 kg. Diese Streckgrenze liegt viel höher als die Streckgrenze einer Spiralfeder der gleichen Dimensionen, die aus einer Coelinvar-Legierung hergestellt war. Die Spiralfeder aus der Coelinvar-Legierung besass nämlich nur eine Streckgrenze von 2,0 kg. Die Spiralfeder aus der Legierung Nr. 7 zeigte einen Temperaturkoeffizient der Festigkeit von  $0,2 \times 10^{-5}$  und dieser Temperaturkoeffizient ist tatsächlich sehr gering. Die Spiralfeder aus der Coelinvar-Legierung hatte die folgende Zusammensetzung:

25% Kobalt  
50% Eisen  
9% Chrom und  
16% Nickel

Die Spiralfeder aus der Coelinvar-Legierung wurde in der gleichen Weise hergestellt wie die Spiralfeder aus der Legierungsprobe Nr. 7, mit Ausnahme dessen, dass die endgültige Hitzebehandlung bei der Coelinvar-Legierung durch eine 2½ Stunden dauernde Hitzebehandlung bei 630°C durchgeführt wurde.

Die Spiralfedern der Legierungsproben Nr. 8 und Nr. 9 zeigten ebenfalls hohe Streckgrenzen, aber die Temperaturkoeffizienten ihrer Festigkeit waren relativ hoch, und sie betragen  $-30,40 \times 10^{-5}$  bzw.  $-25,50 \times 10^{-5}$ .

- 5 Wie bereits erwähnt wurde, sind diejenigen der vorliegenden Legierungen, die einen relativ kleinen Temperaturkoeffizienten bezüglich des Elastizitätsmoduls und der Biegefestigkeit aufweisen, geeignet, um elastische, vibrierende Antriebselemente herzustellen, wie zum Beispiel die feinen Federn von
  - 10 Uhren und Messinstrumenten, Stimmgabeln und ähnliches. Diese Legierungen sind auch zur Herstellung von nichtvibrernden Teilen und Antriebselementen geeignet, wie zum Beispiel Hebelarmen und Auslegern. Diejenigen Legierungen, die sehr gute mechanische Eigenschaften besitzen, können unabhängig davon, ob sie einen relativ grossen Temperaturkoeffizienten bezüglich des Elastizitätsmoduls und der Biegefestigkeit besitzen oder nicht, zur Herstellung von Federn mit starker Federkraft und ähnlichen Bestandteilen verwendet werden.
  - 15 20 In der Folge wird nun beschrieben, welche Eigenschaften die Legierungen haben müssen:  
Die Legierung muss die folgende Zusammensetzung besitzen:
- |     |   |
|-----|---|
| .25 | 5 bis 70 Gew. % Kobalt<br>20 bis 85 Gew. % Eisen<br>0,01 bis 30 Gew. % Nickel<br>1 bis 30 Gew. % Chrom und<br>0,01 bis 10 Gew. % Niob |
|-----|---|

Wenn man Kobalt, Eisen und Nickel in den Legierungen

- 30 in einer Menge anwendet, die ausserhalb der oben angegebenen Bereiche liegt, dann erreicht man keinen Temperaturkoeffizienten des Elastizitätsmoduls, der im gewünschten Bereich liegt. Wenn die Legierungen weniger als 1% Chrom enthalten, dann kann keine befriedigende Oxidationsbeständigkeit und
- 35 Korrosionsbeständigkeit erreicht werden, und wenn die Legierung mehr als 30% Chrom enthält, dann ist die Bearbeitbarkeit der so erhaltenen Legierung nachteilig beeinflusst. Wenn die Legierung mehr als 10% Niob enthält, dann ist ebenfalls die Bearbeitbarkeit der Legierung schlechter. Legierungen, die
- 40 hingegen einen Niobgehalt von weniger als 0,01% besitzen, weisen etwa die gleichen Eigenschaften auf wie diejenigen aus bekannten Coelinvar-Legierungen.

Die Mengen an gegebenenfalls anwesenden Elementen, d.h. Wolfram, Molybdän, Mangan und Vanadin müssen unter

- 45 5% liegen, und zwar deshalb, weil es schwierig ist, die erwünschten mechanischen Eigenschaften zu erzielen, wenn derartige als Verunreinigungen anwesende Bestandteile oder zugesetzte Bestandteile in einer Menge von über 5% vorliegen.

