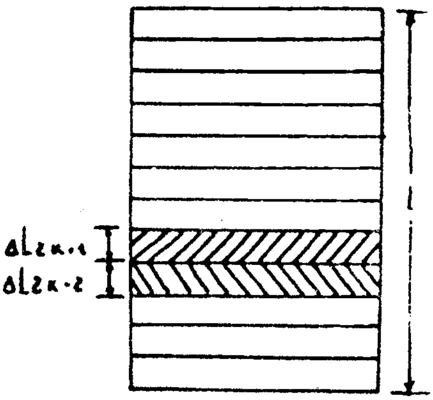
ЕЛАСТИЧНИ ПАРАМЕТРИ ВО БИНЕРНИ ЛЕГУРИ ШТО ПРАВАТ МЕХАНИЧКА СМЕША НА ЧИСТИТЕ КОМПОНЕНТИ

О. Печијаре, З. Стојанов, А. Гичевски

На примерот од системите *Al-Sn* и *Bi-Cd*, кои на собна температура претставуваат механички смеши на компонентите, ќе покажеме дека може да се добијат едноставни релации за пресметување на еластичните параметри за легури од ваков систем и тоа со произволен процентен состав, ако ни се познати елестичните параметри на чистите компоненти.

1. Модул на еластичноста и брзина на ширењето на лонгитудиналните ултразвучни бранови

Моделот на механичката смеша можеме да го замислиме така како да е тој составен од низа наизменично и меѓусебно паралелни слоеви што одговараат на слоевите од чистите компоненти (сл. 1). Поради ширењето на лонгитудиналните ултразвучни бранови со насока нормална кон површината на слоестите елементи, во секој слој ќе се јават соодветни еластични деформации. Ако деформацијата во $(2k+1)$-от елементарен слој што одговара на едната компонента ја означиме со δL_{2k+1} а деформацијата во $(2k+2)$-от елементарен слој што одговара на втората компонента ја означиме со δL_{2k+2}, тогаш во согласност со Hook-овиот закон за линеарни деформации ќе имаме:



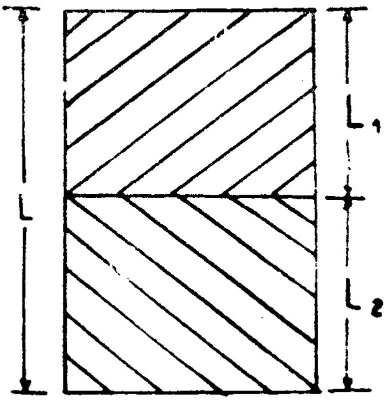
Сл. 1

$$\delta L_{2k+1} = \Delta L_{2k+1} \cdot \frac{P}{E_1} \tag{1.1}$$

$$\delta L_{2k+2} = \Delta L_{2k+2} \cdot \frac{P}{E_2} \tag{1.2}$$

при што ΔL_{2k+1} и ΔL_{2k+1} се дебелините на елементарните слоеви пред деформацијата, E_1 и E_2 се Young-овите модули на еластичноста на чистите компоненти, а P е еластичното напрегнување.

Ако сумарната деформација од сите $(2k+1)$ односно $(2k+2)$ елементи ја означиме соодветно со $\Delta L_1 = \Sigma\delta L_{2k+1}$ и $\Delta L_2 = \Sigma\delta L_{2k+2}$, а вкупната должина на тие елементи ја означиме соодветно со $L_1 = \Sigma\Delta L_{2k+1}$ и $L_2 = \Sigma\Delta L_{2k+2}$, тогаш нашиов модел на смеша се поедноставува како што е покажано на сл. 2. Според тоа, вкупната деформација што настанува во елемнтарните слоеви од чистите компоненти ќе биде соодветно:



Сл. 2

$$\Delta L_1 = L_1 \cdot \frac{P}{E_1} \tag{1.3}$$

и

$$\Delta L_2 = L_2 \cdot \frac{P}{E_2} \tag{1.4}$$

Вкупната деформација во легурата што се јавува како механичка смеша од чистите компоненти ќе биде:

$$\Delta L = L \cdot \frac{P}{E} \tag{1.5}$$

при што L е должината а E модулот на еластичност на легурата во целина. Од условите за адиција т. е. $\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$ и $L = L_1 + L_2$, земајќи ги притоа предвид вредностите за ΔL_1 и ΔL_2 од (1.3) и (1.4), изразот (1.5) се трансформира во обликот:

$$E = \frac{E_1 E_2 (L_1 + L_2)}{L_1 E_2 + L_2 E_1} \tag{1.6}$$

Со оглед на тоа дека должините L_1 и L_2 се пропорционални со волумените на чистите компоненти застапени во легурата, за нејзиниот модул на еластичност конечно се добива изразот:

$$E = \frac{E_1 E_2 (m_1 d_2 + m_2 d_1)}{m_1 d_2 E_2 + m_2 d_1 E_1} \tag{1.7}$$

при што m_1 и m_2 се масите, а d_1 и d_2 се густините на чистите компоненти застапени во легурата.

Ако во формулата (1.7) наместо E_1, E_2 и E ги замените нивните адекватни изрази: $d_1 v_{1L}^2$, $d_2 v_{2L}^2$ и $d v_L^2$, имајќи притоа предвид дека поради малата контракција на волумените на чистите компоненти ќе важи условот за адиција на волумените, поради што за густината на смешата ќе важи изразот:

$$d = \frac{d_1 d_2 (m_1 + m_2)}{m_1 d_2 + m_2 d_1} \tag{1.8}$$

По незнатни трансформации, за брзината на ширењето на лонгитудиналните ултразвучни бранови во легурата, се добива изразот:

$$v_L = \frac{v_{1L} \cdot v_{2L} \cdot (m_1 d_2 + m_2 d_1)}{m_1 d_2 v_{2L} + m_2 d_2 v_{1L}} \cdot \left[1 + \left(\frac{\sqrt{m_1 m_2} \cdot v_{1L} d_1 - \sqrt{m_1 m_2} \cdot v_{2L} d_2}{m_1 v_{2L} d_2 + m_2 v_{1L} d_1} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \tag{1.9}$$

Ако се акустичките отпори $v_{1L} \cdot d_1$ и $v_{2L} \cdot d_2$ на чистите компоненти приближно еднакви, како што е во нашиов случај, тогаш членот во средната заграда од изразот (1.9) во однос на единицата може да се изостави, па за брзината V_L со која се шират ултразвучните бранови во легурата, се добива апроксимативната формула:

$$v_L = \frac{v_{1L} \cdot v_{2L} (m_1 d_2 + m_2 d_1)}{m_1 d_2 v_{2L} + m_2 d_1 v_{1L}} \tag{1.10}$$

2. Модул на торзија и брзина на ширењето на трансверзалните ултразвучни бранови

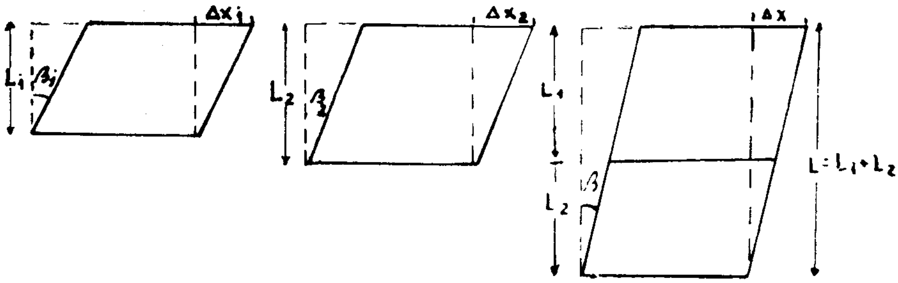
Поради ширењето на трансверзалните ултразвучни бранови, во слоевите од чистите компоненти ќе се јават соодветни еластични деформации на торзија, кои по аналогија на Hook-овиот закон за деформациите од ваков вид ќе важат изразите:

$$\beta_1 = \frac{p'}{\mu_1} \tag{2.1}$$

$$\beta_2 = \frac{p'}{\mu_2} \tag{2.2}$$

$$\beta = \frac{p}{\mu} \tag{2.3}$$

при што μ_1 и μ_2 се соодветно модулите на торзија на чистите компоненти, μ е модулот на торзија на легурата што прави механичка смеша од чистите компоненти, а p' е еластичното напрегнување поради деформација на торзија.



Сл. 3

Од сл. 3 е очигледно дека:

$$\operatorname{tg} \beta_1 \approx \beta_1 = \frac{\Delta x_1}{L_1} \tag{2.4}$$

$$\operatorname{tg} \beta_2 \approx \beta_2 = \frac{\Delta x_2}{L_2} \tag{2.5}$$

$$\operatorname{tg} \beta \approx \beta = \frac{\Delta x}{L} \tag{2.6}$$

при што од условот за адиција $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$ и $L = L_1 + L_2$, а земајќи го предвид и фактот дека се L_1 и L_2 пропорционални со волумените на чистите компоненти, тогаш за сумарната деформација на торзија во смешата се добива изразот:

$$\mu = \frac{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot (m_1 d_2 + m_2 d_1)}{m_1 d_2 \mu_2 + m_2 d_1 \mu_1} \tag{2.7}$$

Ако во изразот (2.7) ги замениме за $\mu_1 = d_1 v_{1T}^2$, за $\mu_2 = d_2 v_{2T}^2$, а за $\mu = d . v_T^2$, при што густината d на механичката смеша е дадена со формулата (1.8), тогаш за брзината на ширењето на трансверзалните ултразвучни бранови во легурата се добива апроксимативната формула:

$$v_T = \frac{v_{1T} \cdot v_{2T} \cdot (m_1 d_2 + m_2 d_1)}{m_1 d_2 v_{2T} + m_2 d_1 v_{1T}} \tag{2.8}$$

при што v_{1T} и v_{2T} се соодветно брзините на ширењето на трансверзалните ултразвучни бранови во чистите компоненти.

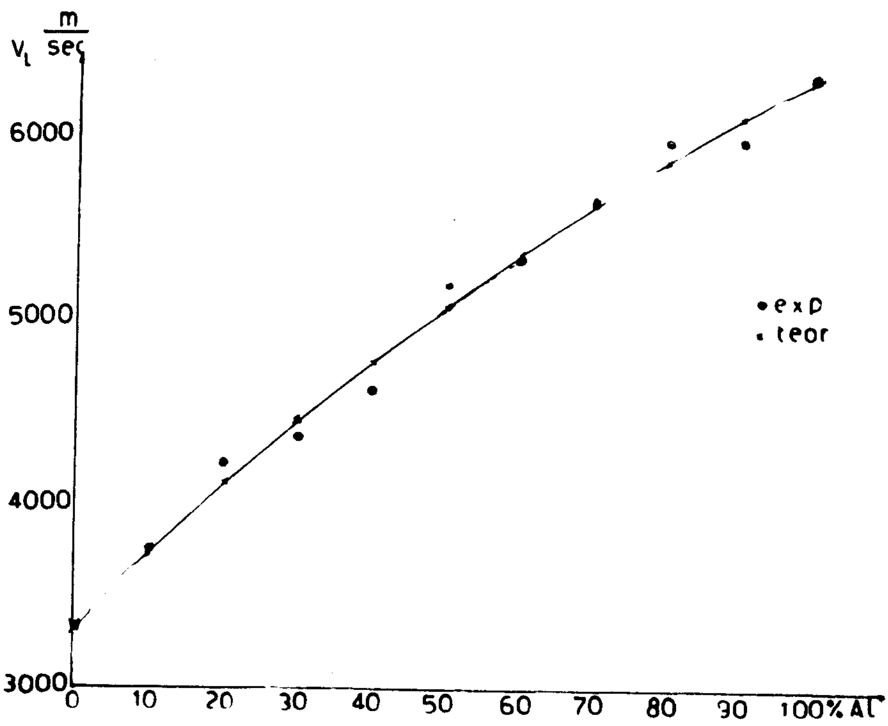
Знаејќи ги вредностите за E и μ, лесно ќе се пресмета и вредноста на Poisson-овата константа σ, бидејќи се тие врзани со познатата релација:

$$\sigma = \frac{E - 2\mu}{2\mu} \tag{2.9}$$

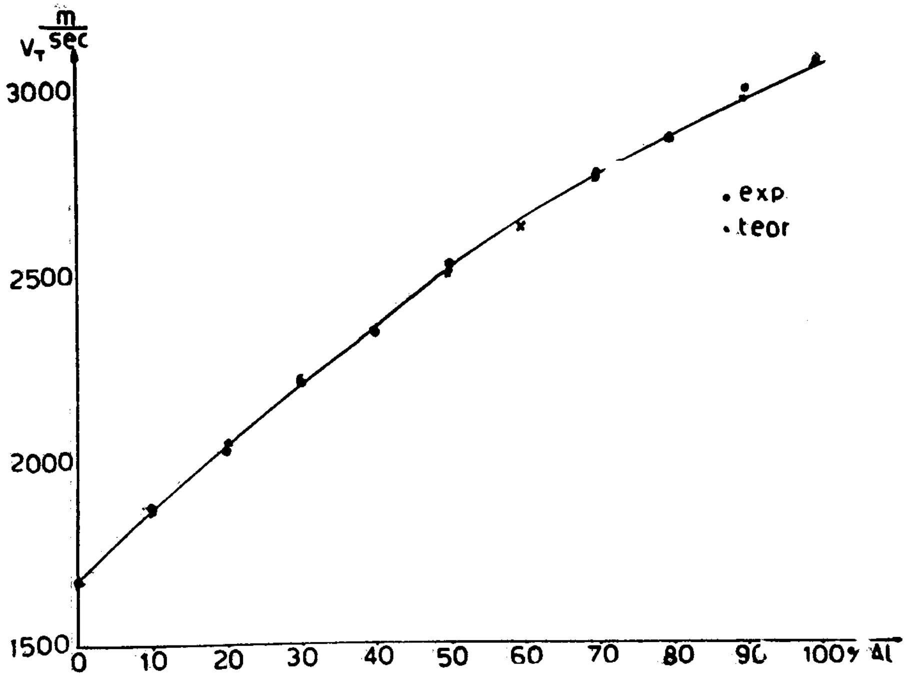
3. Експериментални резултати

3.1 Легура *Al — Sn*

%	v_L (m. sek^{-1})		v_T (m. sek^{-1})		E (kp. mm^{-2})		μ (kp. mm^{-2})	
	exper.	теорет. според f. 1.10	exper.	теорет. според f. 2.8	exper.	теорет. според f. 1.7	exper.	теорет. според f. 2.7
0% Al	3330	3330	1675	1675	5530	5530	2079	2079
10% „	3748	3737	1868	1867	5925	5823	2219	2185
20% „	4213	4112	2039	2048	6030	6063	2250	2275
30% „	4355	4458	2215	2214	6206	6264	2340	2345
40% „	4607	4779	2350	2366	6318	6433	2387	2405
50% „	5190	5077	2530	2508	6603	6578	2542	2465
60% „	5320	5355	2639	2639	6657	6704	2484	2510
70% „	5651	5615	2785	2761	6928	6814	2585	2550
80% „	5976	5859	2864	2874	6907	6911	2558	2581
90% „	5969	6092	3010	2981	7053	6997	2632	2612
100% „	6301	6301	3080	3080	7075	7075	2640	2640

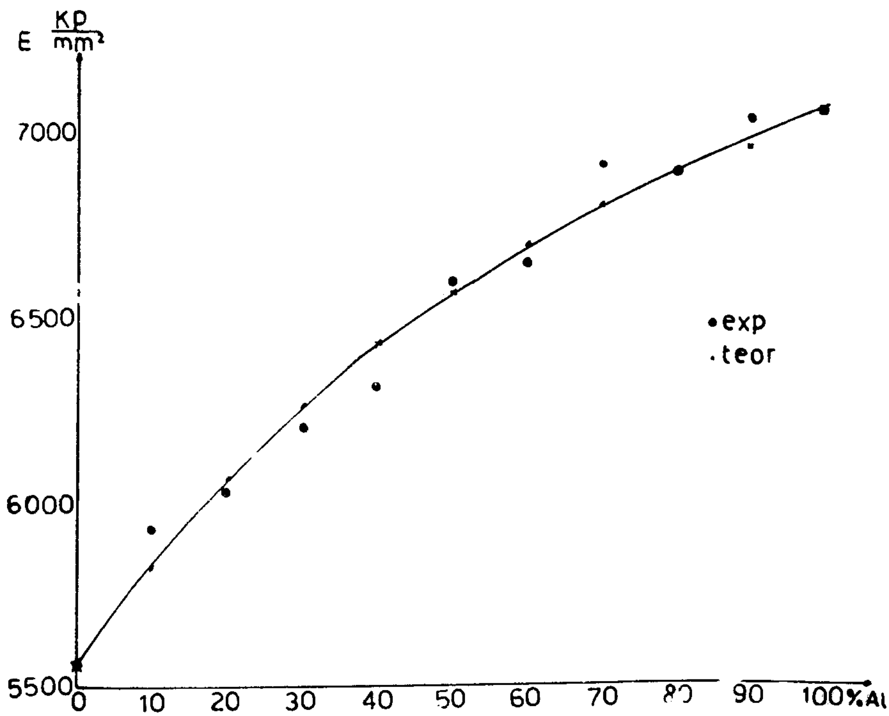


Сл. 4



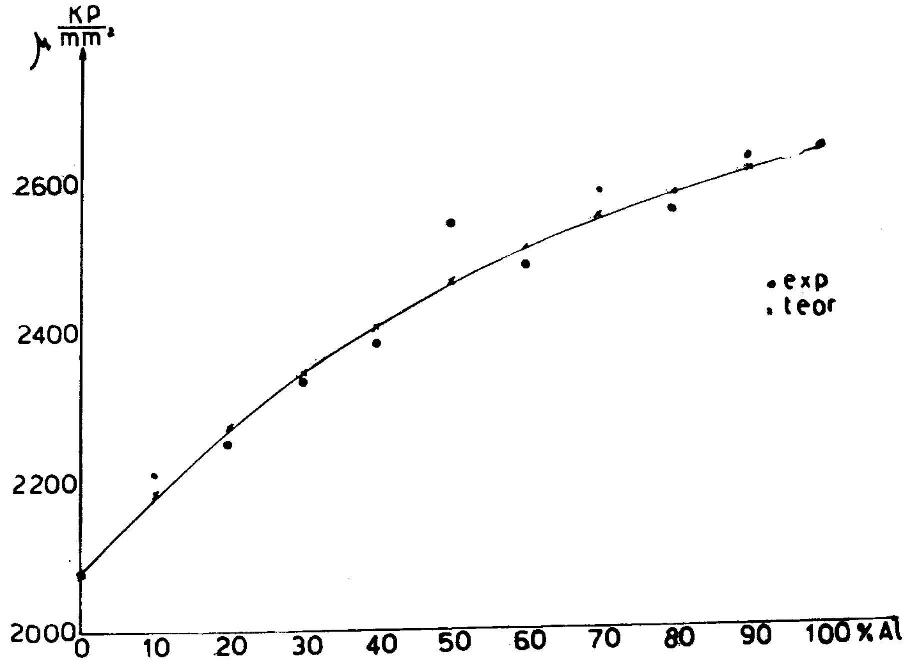
$V_T \frac{m}{sec}$
3000
2500
2000
1500
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100% Al
exp
teor

Сл. 5

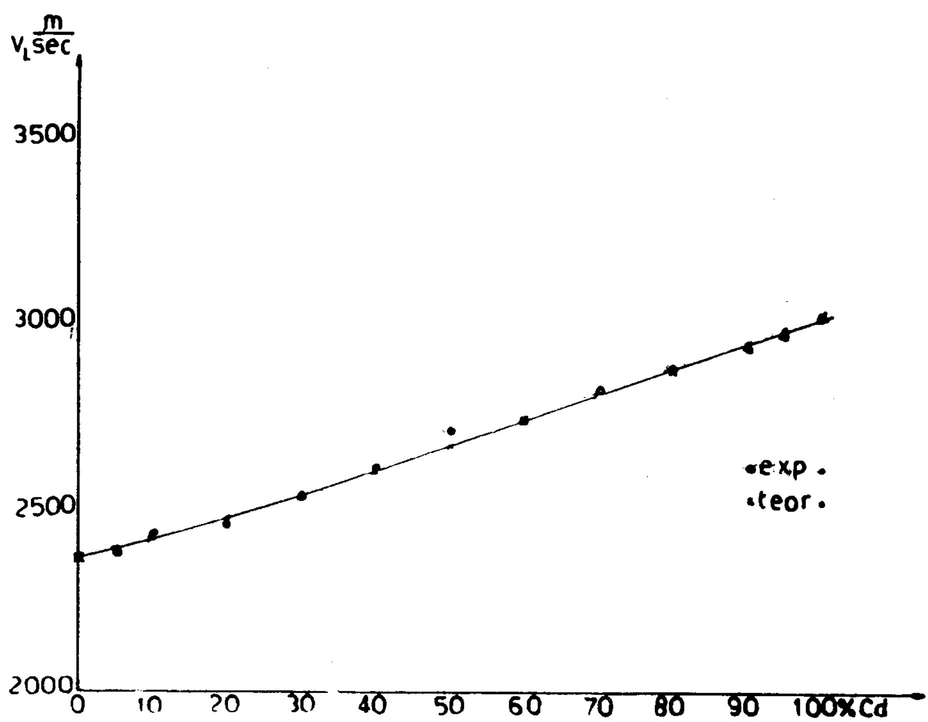


$E \frac{kp}{mm^2}$
7000
6500
6000
5500
0
10
20
30
40
50
60
70
90
100% Al
exp
teor

Сл. 6


KP/mm²
2600
2400
2200
2000
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100 % Al
exp
teor

Сл. 7


V_L m/sec
3500
3000
2500
2000
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100%Cd
exp
teor

Сл. 8

3.2 Легура Bi — Cd

Со оглед на големата апсорпција на трасверзалните ултразвучни бранови во овој систем од легури не бевме во состојба експериментално да ја провериме и формулата 2.8, па затоа ќе ги дадеме само експерименталните резултати за брзината на ширењето на лонгитудиналните ултразвучни бранови.

%	v_L m. sek^{-1}	
	exper.	теорет. според формула 1.10
0% Cd	2351	2351
5% „	2373	2318
10% „	2434	2411
20% „	2446	2472
30% „	2525	2534
40% „	2603	2598
50% „	2705	2663
70% „	2817	1800
80% „	2879	2870
90% „	2924	3943
95% „	2966	2978
100% „	3015	3015

Од графиконите прикажани на сл. 4, 5, 6, 7 и 8 се гледа дека експерименталните резултати се во согласност со резултатите пресметани теоретски.

4. Заклучок

Од сето ова можеме да заклучиме дека нашиве теоретски резултати, кои се потврдени и експериментално, ни даваат можност кога е во прашање систем на легури што прават механичка смеша од чистите компоненти да можеме да приготвиме легура со одредени механички особини карактеризирани со содветните еластични параметри.

ЛИТЕРАТУРА

1) C. J. Smithells, Metals reference book, Vol. I 321, 1955.
2) Л. Бергман, Ультразвук и его применение в науке и механике, 1957
3) Б. Г. Лифшиц, физические свойства металов и сплавов, 1956

О. Печјаре, З. Стојанов, А. Гичевски

УПРУГИЕ ПАРАМЕТРЫ ДВОЙНЫХ СПЛАВОВ СОСТАВЛЯЮЩИЕ МЕХАНИЧЕСКУЮ СМЕСЬ ИЗ ЧИСТЫХ КОМПОНЕН

Резюме

Исходя из факта, что сплавы системы $A_l - S_n$ и $B_i - C_d$ при комнатой температуре представляют механическую смесь компонентов Al и Sn, также Bi и Cd, можно получить простые формулы для вичесления упругих постоянных, для любого процентного состава этих систем, если предварительно известны упругие постояные чистых компонент.

Исходя из предположения, что механическая смесь состоит из ряда чередующихся слоев чистых компонент, которые паралельны основаниям цилиндрического образца, тогда из-за распространения продольных ультра звуковых волн направление которых перендикулярно поверхности слоистих элементов, будут являтся соответствующие упругие деформации каторые даны выражениями (1.1), и (1.2). Полная деформация в каждом элементарном слое и в сплаве в целом, определяется выражениями (1.3), (1.4) и (1.5). Из условия аддитивности, т.е. $\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$ и $L = L_1 + L_2$, принимая во внимание значения для ΔL_1 и ΔL_2, выражение (1.5) переходит в выражение (1.6).

Учитывая, что L_1 и L_2 пропорциональны объемам чистых компонент входящие в сплавах, для модуль упругсти получается выражение (1.7). При этом d_1 и d_2 и m_1 и m_2 представляют соответственно плотност и маса чистых компонент.

Функция (1.7) представляет одну часть гиперболы крайные точки которой (для $m_1 = m$ и $m_1 = 0$) соответствуют модулуупругоети Юнга чистых компонент.

Из-за распространения поперечных ультразвуковых волн, в слоях чистых компонент будут являтся соответствующие упругие деформации кручения для которих аналогично законам Гука для деформации такого вида, имеат место выражения (2.1), (2.2) и (2.3). При этом μ_1 и μ_2 — модули кручения чистих компонент соответствеино, μ-модул кручения сплавов образующие механическую смесь, а p' — упругое напряжение из-за деформации кручения. Из рис. 3 очевидно, что имеют место выражения (2.4), (2.5) и (2.6). Принимая во внимание условия адитивности $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$ и $L = L_1 + L_2$ с одной стороны и тот факт что длины L_1 и L_2 пропорциональны объемам чистых компонент с другои стороны, тогда для полной деформации кручения в сплавах получается выражение (2.7).

Если в формуле (1.7) вместо E_1, E_2 и E поставим их соответствущие выражения, выражения через плотности и скорости распространения ультразвуковых волн, получается выражение (1.9) для вычисления скорости распространия продольных ультразвуковых волн в сплавах. Приэтом принимается-

ввиду, что из-за малой сокращаемости объемов чистых компонент будет спра ведливо условие адитивности объемов, ради чего для плотности смеси будет имет место выражение (1.8).

Аналогичнимы расуждениями получается и аналогичная формула для скорости распространения поперечных ультразвуковых волн всплавах.

Так как акустические сопротивления чистых компонентэтих двух систем сплавов очень близки друг к другу, тогда член в квадратичных скобках из (1.9) по отношении единице можно пренебречь, так что получаются приближенные формулы для v_L и v_T, данные соответствено выражениями (1.10) и (2.8).

На рис. 4, 5, 6, 7 и 8 данные результаты претставлены графически. Из них видно что экспериментальные результаты хорошо согласуются с резултатами получеными теоретическим путем.