In the name of God

اصلاح چوب
بخش 2: روشهای اصلاح چوب

Wood Preservation and Modification
Part 2: Methods

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

روشهای اصلاح چوب
Wood Modification Methods

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

!

71 0 6

./ 0) " 1 2 "# ' "# $ "% & ' ( ) $ * !+ , -) $
; ## 3 # 1 , 4 5) % 6 7 8 2 9- 2) .' : : %

ملزومات واکنشهای شیمیایی
Chemical Reaction Requirements

I. نفوذ موادشیمیایی Penetration of Chemicals

II. واکنشگرها Reactants

III. شرایط واکنش Reaction Condition

IV. نوع چوب Wood type

V. تأیید انجام واکنش Proof of Reaction

VI. توزیع مواد شیمیایی به کار رفته
Distribution of bonded chemicals

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

I. نفوذ موادشیمیایی Penetration of Chemicals

Penetration
نفوذ دادن مواد شیمیایی به درون چوب برای انجام واکنش شیمیایی

ماده متورم کننده
Bulking agents
1. ماده شیمایی که بتواند چوب را متورم سازد.

کاتالیست
Catalyst
2. در صورت عدم تورم چوب

هم حلال
Co-solvent
3. در صورتی که هر دو ماده نتوانند سبب تورم چوب گردند.

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

Anatomical aspects
ساختار تشریحی چوب

Chemical aspects
مواد شیمیایی

Density
دانسیته چوب

Cell wall thickness
ضخامت دیواره های سلولی

Pits
منافذ دیواره سلولی

Swelling agent
مواد شیمیایی متورم (واکنش) کننده

Catalyst
کاتالیست

Co-solvent
ماده هم حلال

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

7 < 71 0

پیامدهای واکنشهای شیمیایی در چوب

:1 :

افزایش وزن

; :

افزایش حجم

Bulking agent

Volumetric Swelling Coefficient
ضرایب تورم حجمی (S) چوب کاج ناشی از واکنش در مواد مختلف

ماده شیمیایی	ضریب تورم حجمی (S) کاج	
	150 lb/in^2, 120 ºC, 1 h تیمار تحت فشار	Soaking at 25ºC, 48h خوابانیدن
ایزو سیانات متیل	52.6	5.1
انیدرید استیک	12.3	1.5
محلول فرم آلدهید	12.3	12.3
آب	10	10
اپی کلروهیدرین	6.9	5.9
آکرولنین	6.7	7
اکسید پروپیلن	5.2	5
آکریلونیتریل	4.6	4.5
ایزوسیانات متیل	4.5	4.1
اکسید بوتیلن	4.1	0.7

Polar قطبی

Non-polar غیر قطبی

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

Volumetric Swelling Coefficient

ضرایب تورم حجمی (S) چوب کاج ناشی از اثر وارد کردن کاتالیستهای مختلف در طی واکنش

دی متیل فرم آمید		
پیریدین	11.3	13.1
اسید استیک	11.1	8.8
آنیلین	11	0.5
آب	10	10
دی اتیل آمین	5	11
N- متیل آنیلین	2.6	0.8
N- متیل پیپریدین	2.2	1.6
N,N- دی متیل آنیلین	0.3	0.5
تری اتیل آمین	-0.1	2.1

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

Volumetric Swelling Coefficient
ضرایب تورم حجمی (S) چوب کاج در حضور حلالهای مختلف

هم حلال	ضریب تورم حجمی (S) کاج	
	150 lb/in², 120 ºC, 1 h تیمار تحت فشار	Soaking at 25ºC, 48h خوابانیدن
دی متیل سولفاکسید	13.3	11.7
دی متیل فرم آمید	12.8	12.5
سلوسالو	10.6	10.2
متیل سلوسالو	10.3	10
آب	10	10
متانول	9	9.3
1و4- دی اکسان	6.5	0.6
تتراهیدروفو ران	5.4	7.2
استن	5.1	5.6
دی کلرومتان	3.8	3.3
متیل اتیل کتونها	3.6	5
اتیل استات	2.4	4.2
سیکلوهگزانون	2.3	0.5
4-متیل-2-پنتانون	0.4	1.5
گزیلن ها	0.1	0.2
سیکلوگزان	0.1	0.1
هگزان ها	-0.2	0.2

Polar قطبی

Non-polar غیر قطبی

Iran Tel.: +9

T.M.U.

II. واکنشگرها Reactants

واکنشگرها
Reactants

جایگاههای واکنش در بسپارهای واکنش دهنده
Reaction sites

سلولز
Cellulose

همی سلولز
Hemicellulose

لیگنین
Lignin

O
H

موادشیمیایی به کار رفته در طی واکنش
Chemicals

واجد گروههای عاملی باشد.
Functional groups

پیوند شیمیایی حاصل محکم و از نوع کووالانس باشد.
Covalent bonds

بدون محصول فرعی ناشی از فرآیند واکنش باشد.
No byproducts

نقطه جوش پایینی داشته باشد.
Low boiling point

غیر سمی، بدون خورندگی، هزینه کم باشد.
Non-toxic, no corrosion, low cost

نفوذ بهتر
Penetration

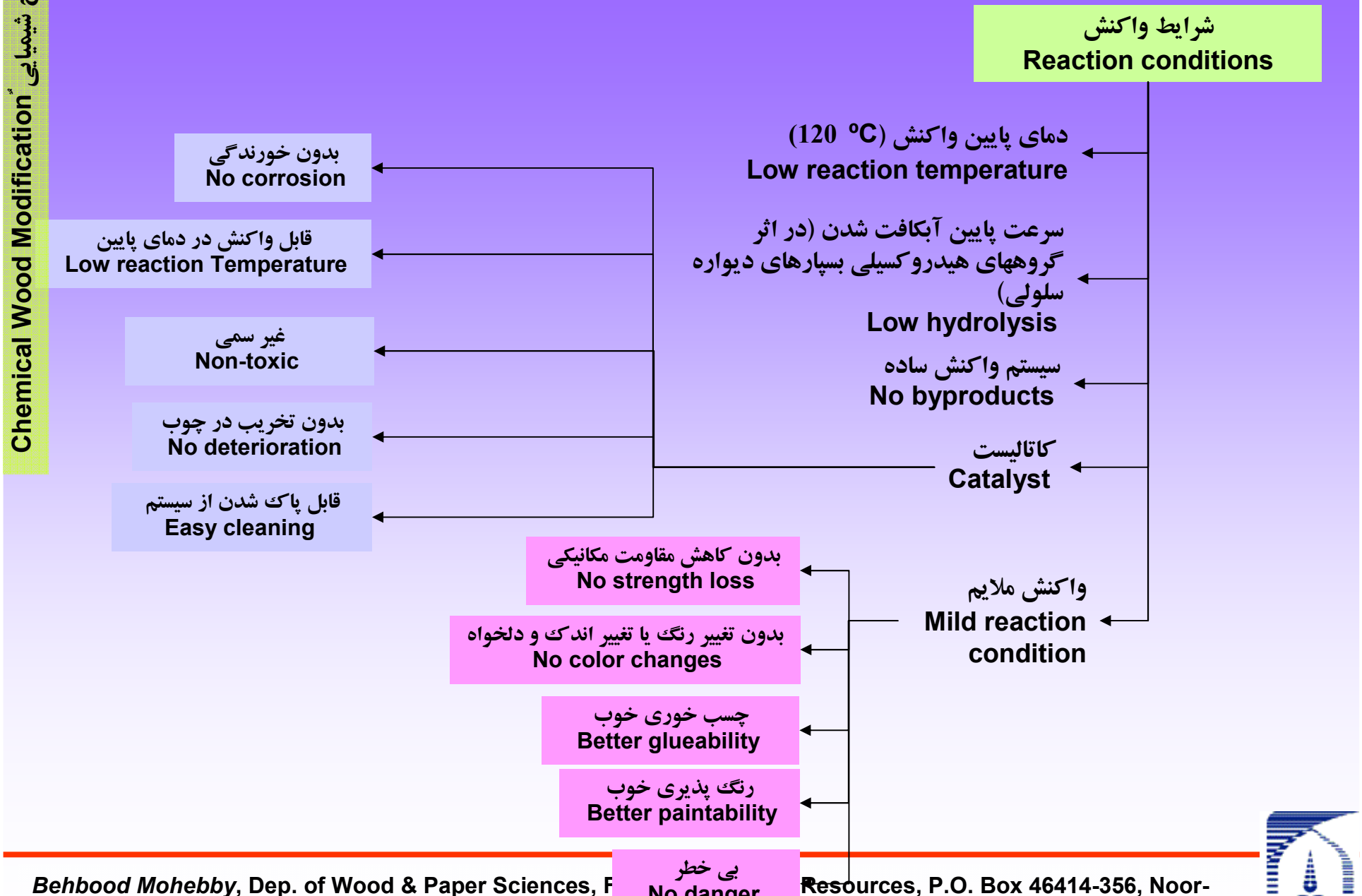
واکنش بهتر
Better reaction

برجای نماندن ماده واکنشی
No-remaining chemicals

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

III. شرایط واکنش Reaction Condition



Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, F Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 , E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

IV. نوع چوب Wood type

نوع چوب Wood type

هرگونه منحصر به فرد محسوب می گردد و نباید نتایج را به سایر گونه ها تعمیم داد.

گونه	تیمار	زمان (دقیقه)	درصد افزایش وزن (WPG) (٪)	اثر ضد واکشیدگی (ASE)
بلوط سرخ	PO	30	21.8	0
	PO	40	25.6	2.1
افرای سخت	PO	35	27.3	41.1
	BO	60	18	52.2
	BO	180	32	61
تیک	PO	30	20.5	0
	PO	60	20.7	0
گردو	PO	3	26.2	46
	BO	240	28.3	53
نارون	PO	40	28.2	46.3
کاتیوو	PO	40	29.7	42.2
	BO	240	22.8	64.2
خرمندی	BO	180	22	-
	BO	240	33	-
اکالیپتوس ابلیکا	BO	240	22	46.4
کاج رادیاتا (برون چوب)	PO	40	34.2	67.3
کاج رادیاتا (درون چوب)	PO	40	32.1	52.3
کاج جنوب (برون چوب)	PO	40	35.5	68.3
کاج جنوب (درون چوب)	PO	40	24.6	59.7
کاج پاندروزا	PO	40	26.9	36.5
دوگلاس	BO	300	20.7	-
	BO	360	24.6	-
نراد	PO	40	32.6	-
	BO	360	30.4	-

V. تأیید انجام واکنش Proof of Reaction

Proof of bonding
تأیید انجام پیوند

- **Volume change**
  تغییر حجم
- **Permanency against leaching**
  مقاومت در برابر آب شویی
- **Infra-Red Evidence**
  طیف سنجی مادون قرمز

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

Proof of bonding
تأیید انجام پیوند

1. تغییر حجم Volume change

Green volume
حجم چوب حداکثر تا حجم سبز آن افزایش می یابد !

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

Volume changes تغییر حجم
تغییرات حجمی چوب کاج در حالت خشک و تیمار

حجم سبز (in^3)	حجم خشک (in^3)	میزان تغییر (٪)	تیمار	حجم خشک پس از تیمار (in^3)	درصد افزایش وزن (٪)
3.48	3.24	6.9	اکسید پروپیلن	3.42	15.9
3.60	3.24	10	اکسید پروپیلن	3.60	21.1
3.66	3.42	6.6	اکسید پروپیلن	3.66	26.1
3.60	3.3	8.3	اکسید پروپیلن	3.66	34.1
3.60	3.36	6.7	اکسید پروپیلن	3.72	41
2.33	2.11	9.4	انیدرید استیک	2.30	13.9
2.39	2.15	10	انیدرید استیک	2.33	17.5
2.41	2.17	9.9	انیدرید استیک	2.39	19.5
2.37	2.13	10.1	انیدرید استیک	2.37	22.8

تغییرات حجمی چوب پس از تیمار تقریباً برابر حجم سبز آن می باشد.

Behbood Mohebby, Dep -356, Noor-
Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 , E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

Volume changes تغییر حجم
تغییرات حجم چوب کاج جنوب در حالت تیمار شیمیایی

		36.2	
0.14	0.16	12.4	
0.27	0.21	25.7	ایزوسیانات متیل
0.54	0.46	47.7	
0.58	0.54	51.2	
2.9	3	17.5	
3.3	3.6	19.5	انیدرید استیک
4	3.9	22.8	
0.77	0.46	25.7	
0.39	0.26	28.7	آکریلونیتریل
1.2	0.74	36	
7.6	0.6	58	متیل متاکریلات
10.1	0.9	91.4	

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

Proof of bonding
تأیید انجام پیوند

1. تغییر حجم Volume change

2. مقاومت در برابر آب شویی (استحکام پیوند) Permanency against leaching

Proofs of bonding
روشهای تأیید استحکام پیوند

- **Extraction and leaching test**
  روش شستشو با حلال ها و تعیین وزن
- **ASE after leaching test**
  روش بررسی اثر ضد واکشیدگی (ASE) پس از چند بار آب شویی

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

				29.2	اکسید پروپیلن
-	12.5	10.8	6.8	38	
1.6	11.7	-	3.8	27	اکسید بوتیلن
1	9.7	-	2.3	16.3	انیدرید استیک
1.2	12.2	-	2.8	22.5	
21.7	-	-	-	26.1	آکریلونیتریل $+NaH_4OH$
13.5	-	-	-	26.7	آکریونیتریل +NaOH

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

ASE after leaching test
روش بررسی اثر ضد واکشیدگی (ASE) پس از چند بار آب شویی

آب شویی پی در پی Serial leaching

ضریب واکشیدگی حجمی (S) و اثر ضد واکشیدگی (ASE) که از طریق غوطه وری در آب تعیین شده اند.

ASE_4 [9]	S_4 [8]	ASE_3 [7]	S_3 [4]	ASE_2 [5]	S_2 [4]	ASE_1 [2]	S_1 [2]	WPG [1]	تیمار
-	15.9	-	15.9	-	15.8	-	15.8	0	اکسید پروپیلن
50.3	7.9	50.9	7.8	43.8	9	62	6	29.2	
-	12.9	-	12.4	-	12.4	-	13.6	0	اکسید بوتیلن
56.6	5.6	58.1	5.2	54	5.7	73.5	3.6	27	
-	13.3	-	13.6	-	13.3	-	13.8	0	انیدرید استیک
60.2	5.3	61	5.3	61.7	5.1	63	5.1	16.3	
69.2	4.1	70.6	4	71.4	3.8	70.3	4.1	22.5	
-	-	-	14	-	13.9	14.1	14.1	0	آکریونیتریل +NaH_4OH
-	-	منفی	14.4	منفی	15.3	2.7	2.7	26.1	
-	-	-	16.7	-	16.8	20.3	20.3	0	آکریونیتریل +NaOH
-	-	منفی	17.5	منفی	18.8	10.5	10.5	25.7	
-	13.5	-	13.7	-	13.8	-	14	0	ایزوسیانات متیل
53.3	6.3	52.6	6.5	52	6.6	60.4	5.5	21.6	
60.7	5.3	65	4.8	56.8	6	66.4	4.7	29.9	

مواد دجار آب شویی شده اند و چوب واکشیده گردیده است!

Ber ood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-
Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

Proof of bonding
تأیید انجام پیوند

1. تغییر حجم Volume change
2. مقاومت در برابر آب شویی (استحکام پیوند) Permanency against leaching
3. طیف سنجی مادون قرمز Infrared evidence

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

پیوندها در ایزوسیانات ها

R-O-C(=O)-NH-R

Wood-O-C(=O)-NH-R

O
||
-C-
Carbonyl

-N-H
Amine

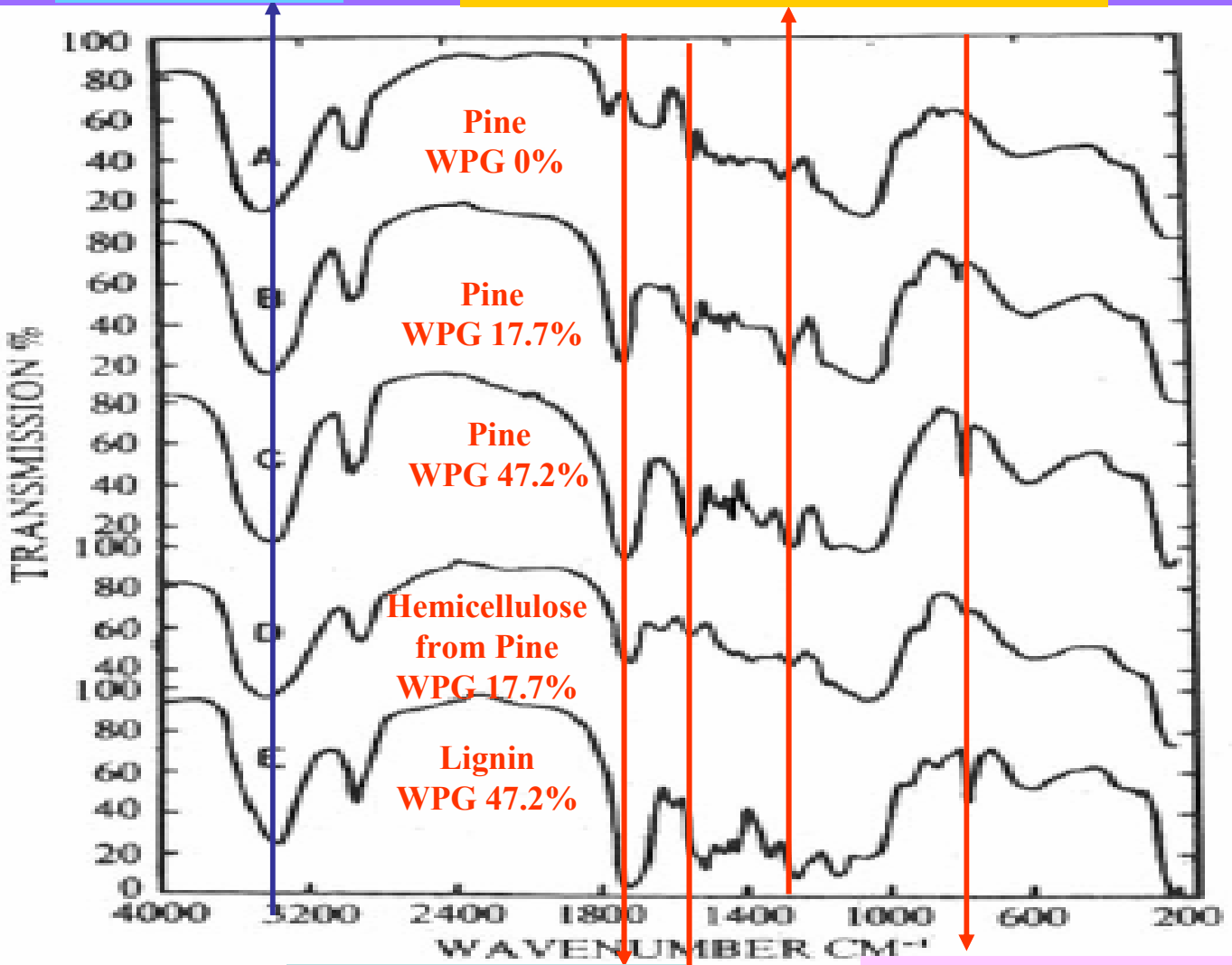
-C-N

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

3400-2950 cm^{-1}
O-H stretching in

1270 cm^{-1}
C-N deformation in secondary substituted amines



1730 cm^{-1}
C=O stretching vibration

770-780 cm^{-1}
N-H deformation in secondary amines

R-O-C(=O)-NH-R

1550 cm^{-1}
N-H deformation in secondary amines

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper S... O. Box 46414-356, Noor-
Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-12... ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

VI. توزیع مواد شیمیایی به کار رفته
Distribution of bonded chemicals

Penetration depth
پراکنش مواد تابعی از عمق نفوذ است.

Penetration depth
عمق نفوذ

Size
ابعاد نمونه ها

از سطح به درون نفوذ کمتر می شود. در نمونه های بزرگتر این اختلاف بیشتر می شود.

Heart- and Sap-wood
چوب درون و برون

بعضی از مواد شیمیایی در درون چوب بیشتر تجمع می یابند.

Early and late wood
چوب آغاز و پایان

واکنش در چوب آغاز بیشتر از چوب پایان است.

Radial and Tangential walls
دیواره های شعاعی و مماسی

واکنش مواد در دیواره های مماسی بیش از شعاعی است.

Cell wall layers
لایه های دیواره سلولی

تجمع مواد در لایه ثانویه بیش از سایر دیواره هاست.

Cell walls polymers
بسپارهای سازنده دیواره های سلولی (لیگنین- همی سلولزهای- سلولز)

در درصدهای پایین افزایش وزنی، جایگزینی مواد در لیگنین بیش از پلی ساکاریدهاست.

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

جایگزینی Substitution

درجه جایگزینی (DS) گروههای هیدروکسیلی در چوب کاج جنوب اصلاح شده با ایزوسیانات متیل

نسبت DS لیگنین به DS هولوسلولز	هولوسلولز	لیگنین	درصد افزایش وزن (WPG)
7.4	0.025	0.17	5.5
6	0.047	0.28	10
4.9	0.084	0.41	17.7
5.1	0.117	0.59	23.5
4.3	0.209	0.89	47.2

در درصدهای پایین افزایش وزنی، جایگزینی مواد در لیگنین بیش از پلی ساکاریدهاست.

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood

T.M.U.

Behbood Mohebby, Dep. of Wood & Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, P.O. Box 46414-356, Noor-Iran Tel.: +98-122-6253101 (-3) , Fax: +98-122-6253499 ; E-mail: mohebbyb@modares.ac.ir , www.tmu.ir/wood