

木材接着剤に関する研究

第 1 報

クルミ殻粉末増量石炭酸樹脂接着剤に関する研究

後 藤 輝 男・梶 田 茂

(木材物理第1研究室)

Teruo GOTO and Sigeru KADITA : Studies on the Wood Adhesives.

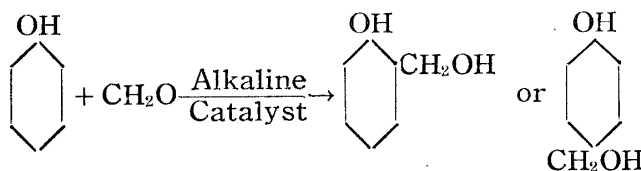
I. Extending Phenolic Resin Glues with Walnut-Shell Flour.

〔I〕 緒 論

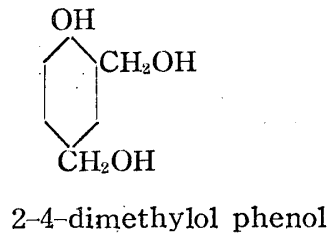
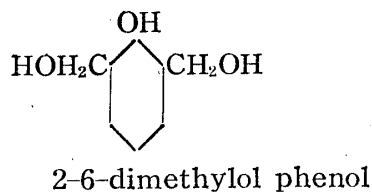
Phenolic Resin Glue は接着力、耐水性、耐菌性等の諸性質に於いて、他の接着剤に比し甚だ優れているため専ら Exterior-Grade の合板製造に用いられるが、Urea Resin Glue に比して使用が少々困難、及び価格が高いため、わが国に於いては、特殊な場合の外、未だ殆ど使用せられておらない現状である。然し木材集約利用の見地から Exterior-Grade の合板を素材に代つて使用する事は甚だ効果的であると思われる。此れがためには Phenolic Resin Glue の使用を容易にし、価格を低廉にする必要がある。依つて筆者等は樹脂收量の多い且つ水溶性の低分子量の石炭酸樹脂を製造し、此に適当な粘度を付与せしめるために Walnut-Shell Flour を添加した接着剤の諸性質並びに合板接着力等を検討した次第である。尙比較試験のために商業的石炭酸樹脂に Walnut-Shell Flour を増量した場合について試験を行った。

〔II〕 本実験に用いた石炭酸樹脂の性状並に調製

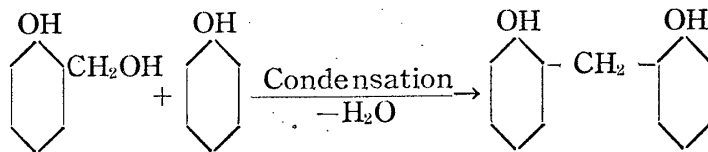
Phenol と Formaldehyde を下図の如くアルカリ触媒の下で反応せしめると、酸触媒を用いた場合と異つて、アルカリは先ず Phenol を攻撃して活性化し、o- 或は p-hydroxybenzylalcohol を生成する。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾



若し Phenol より過剰の Formaldehyde を用いる時は (Phenol : Formaldehyde モル比 = 1 : 1.1~2) Dialcohol を生ずる。



即ちメチロール基を持つ低分子量の分子を基本にした集りが所謂“Resol”であつて水溶性である。此れに更に熱を加えて反応を行わしめると Resol 分子間に下図の如き反応が起り、漸次複雑な構造を形成し、所謂“Resitol”となり有機溶媒にも溶け難い状態となる。



更に反応を進めると終に 3 次元的網状構造 (Three-dimensional net structure) を有する処の“Resit”となり不溶不融の状態となる。

而して本実験に用いた Phenolic Resin は次の様にして製造した。⁽⁴⁾

Phenol 1 モルに Formaldehyde 1.5モルの割合に触媒として Phenol 1 モルに対して Sodium hydroxide を 6gr. 添加して三ツロフラスコ中にて逆流冷却器を附して 93°C 以上の温度で、5分、45分、75分間 (加熱時間の異なる 3 種の樹脂を製造した) 加熱をなした後、直ちに冷却した。* 以上の如く反応時間を非常に短くしたため縮合は未だ非常に低い状態であると考えられる。それ故、本樹脂は何れも水溶性で、樹脂収量は殆ど 100 %であつた。尙樹脂の色調、比重、含脂率、比粘度 pH は Table 1. に示す様である。

Table 1-Properties of Phenol Resins made with 6 gram of Sodium Hydroxide as Catalyst.
(Ratio of Formaldehyde to Phenol in the Resin was 1.5: 1.0)

| 反応時間 (a) Reaction Time (min) | 色調 Colour | 比重 (b) Sp. Gr. | 含脂率 Resin Content (%) | 比粘度 (c) Sp. Viscosity | (d) pH |
|---------------------------------|--------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|
| 5 | red-brown | 1,152 | 49.1 | 1.62 | 8.7 |
| 45 | red-brown | 1,156 | 50.4 | 2.37 | 8.7 |
| 75 | red-brown | 1,165 | 53.1 | 12.46 | 8.7 |

(a) 以後反応時間 5, 45, 75分を **RT. 5, RT. 45, RT. 75**, と記す。

(b) 標準比重計にて測定; 測定温度 20°C.

(c) ストーマー式粘度計にて測定; 測定温度 20°C.

(d) 水素イオン濃度試験紙にて測定。

即ち **RT. 75** によつて得た樹脂の粘度は **RT. 5, RT. 45** のそれに比し相当高い。換言すれば **RT. 75** によつて得た樹脂の分子量は相当大きいものと考えられる。尙本樹脂の粘度変化は Table 2 に示す。

* (註) Sodium hydroxide を触媒として生じたメチロール化合物は安定であり、比較的低分子量の水溶性の大きい縮合物ができる。

様に **RT. 5**, **RT. 45** の場合は日時の経過と共に僅に高くなる程度であるから、貯蔵期間 (Storage life) は相当長いものと思われる。然し作ら **RT. 75** の場合は粘度上昇大きく次第に水を分離して樹脂部分が沈澱する。それ故樹脂性質は変化するから貯蔵期間は短い。

Table. 2; Change of Viscosity of Phenol Resins

| Phenolic Resins | | (a) Days | | | | | | |
|------------------------|--------|----------|-------|-------|------|------|------|------|
| | | 1 | 3 | 10 | 20 | 30 | 45 | 90 |
| 比 粘 度 Sp. Viscosity | RT. 5 | 1.62 | 1.65 | 1.80 | 2.12 | 2.32 | — | — |
| | RT. 45 | 2.37 | 2.68 | 3.05 | 3.44 | 3.50 | 4.90 | 7.16 |
| | RT. 75 | 12.46 | 13.22 | 23.08 | — | — | — | — |

(a) 実験室内放置期間中の温度は大約 $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ であつた。

(b) 粘度測定は 20°C にて行つた。

〔Ⅲ〕 Walnut Shell Flour の性状並に化学的成分

現今アメリカでは Phenolic Resin Adhesive の "流動性質" の改良及び充填増量のために Walnut Shell Flour を最も多く用いており、その価格は 1 ton 当り約 \$63.00 であるとのべている。⁽⁵⁻⁹⁾ その性状並びに化学的成分は次の様である。^(10, 11)

A. 性 状

- (1) リグニンに富む。
- (2) 弱酸アルカリに耐える。
- (3) 非吸湿性である。
- (4) レジノイドと混和するワックス及び油分を含む。
- (5) 組織が硬い。
- (6) 膨脹係数が小さい。
- (7) 染色性が良好である。
- (8) 電気絶縁性及び透電性が良好である。

B. 化学的成分

Table. 3-Chemical Component of walnnt Shell Flour.

| | |
|---|-------------|
| Hot water solubles (starchy materials, Sugar, etc.) | 2.20~ 2.50 |
| 1% NaOH solubles (pectins, gums, etc.) | 13.10~14.80 |
| Alcohol-benzene solubles | 2.10~ 2.49 |
| Ether | 0.16~ 0.28 |
| Alcohol (95% for 4 r) | 2.30~ 2.56 |
| Ash content | 0.38~ 0.53 |
| Cutin | 1.70~ 6.30 |

| | |
|-----------------|-------------|
| Lignin..... | 26.00~32.10 |
| Furfural | 5.20~ 5.50 |
| Pentosans | 8.90~ 9.30 |
| Methoxyl..... | 6.30~ 6.50 |
| Cellulose..... | 59.60~60.00 |

尙 Walnut shell Flour の 33.8~39 %は 72 %濃硫酸に溶解されない。
 Ash 中の成分は Ca. K. P. Mg である。
 比重は 1.35~1.45 で微細な Walnut shell Flour の重量は 29~31 16/ft³
 である。

(11)
 G. B. E. Schueler の報告による。

上表に見る様に Cutin. と云う一種の wax を含有するから耐水性は改良される。而して本実験には 80メッシュの篩で通した Walnut-Shell Flour を使用した。

〔III〕 接着剤の調製

接着剤は Table 4a に示せる様な 3つの Formula によつて調製した。

Table. 4a-Glue Formula

| Formula | A | B | C |
|--------------------|-----|-----|-----|
| Phenolic Resin | 100 | 100 | 100 |
| Walnut-Shell Flour | 20 | 30 | 40 |
| Water | 20 | 30 | 50 |

(a) 重量割合にて混入して調製した。
 (b) 促進剤 (Accelerater) として 28%アンモニア溶液 (28% Ammonia sol.) を Phenolic Resin に対して 10%添加した。

Table. 4b-Solid Content of Phenolic Resin Glues

| Phenolic Resin | Glue Formula | A | B | C |
|----------------|--------------|------|------|------|
| | RT. 5 | | 46.1 | 46.5 |
| RT. 45 | | 46.9 | 47.3 | 45.2 |
| RT. 75 | | 48.7 | 48.8 | 46.6 |

上表に示せる様な割合にて混入して調製した接着剤の "Solid Content" は Table 4b に示す通りである。

即ち〔II〕項に於いてのべた様にして調製した樹脂は Table 1 に示した如く粘度が非常に低いため、此のままの状態では接着剤として単板表面に塗布する時は、直ちに単板中に樹脂が滲入して汚染 (Stain) 或は缺膠 (Starved Joint) 現象を齎す；それ故に適当な粘度に高めて使用する必要がある。此のために Walnut-Shell Flour を添加したのであつて、現今 Urea Resin Glue に小麦粉を増量剤として多量混入せられているが、その場合とは意味を少々異にするのである。

尙本樹脂接着剤の Solid Content は Table 4b に示す様に約50%である。

〔V〕 試験用合板パネル，合板試験片の調製並に接着力試験方法

A. 試験用合板パネル，合板試験片の調製

1.05mm 厚さのマカンバ (Birch ; Betula Maximowicziana Regel) ロータリ単板並びに 1.45mm 厚さのラワン (Lauans ; Shorea squamata Dyer) ロータリ単板 (単板含水率は何れも 6~8%にした) を用い下記条件にて 3-ply 直交合板パネルを製造した。而して4日間実験室内に放置後、日本合板輸出規格に規定してある合板試験片を各パネルにつき12枚採取し、6枚を常態接着力試験に、残り6枚を煮沸水浸漬後の接着力試験に供した。

合板パネル製造条件 (Condition of Preparation of 3-ply Plywood Panel)

塗布量 (Spread) : 40 gr/尺² (両面塗布) (220gr per 1m² of single glue-line)

圧縮温度 (Press-temperature) : 150°C

圧縮力 (Pressure) : 15 kg/cm²

B. 合板接着力試験方法

日本合板輸出規格 1 類合板規格に規定してある方法に準拠して行つたが、煮沸水浸漬後の接着力試験は試験片を煮沸水中に 3 時間浸漬後、冷水中に 15 分間浸漬せしめた後、未だ濡れている状態にて行つた。

〔VI〕 試験結果並に考察

A. (1) RT. 45 の Phenolic Resin を用いた場合

Table 5a-Phenolic Resin Glues of RT. 45

| Type of Wood | Test Condition | Glue Formula Press Period (min) | Plywood Strip Shear Strength (lb/in ²) and ^(a) wood Failure (%) | | | | | |
|-----------------------|-------------------|------------------------------------|--|----|--------------------|-----|--------------------|----|
| | | | A | | B | | C | |
| | | | lb/in ² | % | lb/in ² | % | lb/in ² | % |
| Birch ^(b) | Dry | 4 | 322 | 50 | 354 | 78 | — | — |
| | | 8 | 398 | 96 | 307 | 10 | — | — |
| | | 12 | 331 | 87 | 307 | 74 | 334 | 20 |
| | 3hr-Boil in Water | 4 | 285 | 12 | 273 | 73 | — | — |
| | | 8 | 368 | 55 | 446 | 33 | — | — |
| | | 12 | 304 | 75 | 395 | 40 | 346 | 17 |
| Lauans ^(c) | Dry | 8 | 414 | 72 | 389 | 100 | 392 | 88 |
| | 3hr-Boil in Water | 8 | 486 | 70 | 413 | 73 | 350 | 67 |

(a) Each recorded shear value is the average of 6 breaks
Test specimen ; 3-ply plywood strip shear specimen.

(b) Birch veneer ; Thickness 1.05mm. Moisture Content 6~8%

(c) Lauans veneer ; Thickness 1.45mm, Moisture Content 6~8%

Table 5b-Ratio of Water Resistance

| Type of Wood | Glue Formula Press Period(min.) | A | B | C |
|--------------|------------------------------------|-------|-------|-------|
| Birch | 4 | 88.6 | 77.0 | — |
| | 8 | 92.5 | 145.3 | — |
| | 12 | 92.0 | 128.7 | 103.6 |
| Lauans | 8 | 117.5 | 106.0 | 86.6 |

(2) RT. 75 の Phenolic Resin を用いた場合

Table 6a-Phenolic Resin Glues of RT. 75

| Type of Wood | Test Condition | Glue Formula Press Period (min) | Plywood Strip Shear Strength (lb/in ²) and (a) Wood Failure (%) | | | | | |
|--------------|-------------------|------------------------------------|---|-----|--------------------|----|--------------------|-----|
| | | | A | | B | | C | |
| | | | lb/in ² | % | lb/in ² | % | lb/in ² | % |
| Birch (b) | Dry | 4 | 533 | 96 | 579 | 68 | 400 | 68 |
| | | 8 | 478 | 98 | 365 | 93 | 449 | 62 |
| | | 12 | 492 | 98 | 422 | 67 | 404 | 100 |
| | 3hr-Boil in Water | 4 | 442 | 100 | 592 | 47 | — | — |
| | | 8 | 549 | 73 | 314 | 90 | 547 | 48 |
| | | 12 | 559 | 36 | 322 | 60 | — | — |

(a) (b) See footnote (a) (b) of Table 5a.

Table 6b-Ratio of Water Resistance

| Glue Formula Press Period(min) | A | B | C |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| 4 | 82.8 | 102.1 | — |
| 8 | 114.7 | 86.2 | 121.6 |
| 12 | 113.6 | 76.3 | — |

以上 Table 5a, 6a に示す様に本樹脂の粘度を高め、そして増量目的のために Walnut Shell Flour を相当量添加しても接着力の減少は殆ど認められない。RT. 75 の樹脂を用いた Extending Phenolic Resin Glue の接着力は RT. 45 の場合に比して優るも、粘度が高い

ため、C. Formula によつて調製した接着剤粘度は相当高くなり単板表面への塗布は少々困難である。尚 RT. 75 の樹脂は前述せし如く貯蔵期間が短い。即ち樹脂性質が不安定である缺点を有する。圧縮時間は4分でも十分に接着性能を発揮する。即ち此れは樹脂の硬化速度 (Rate of Curing) が早いためである。此れによつて熱による木部の損傷が少なく且つ作業時間を著しく短縮し得ると思われる。然し作ら Cresol 等の不純物の多い石炭酸類を基体とした Phenolic Resin を用いた時は、硬化速度が遅いため硬化時間を長くする必要がある。

Table 5b, 6bに見る様に耐水率は殆ど 100 %前後にあつて完全耐水性である事が判る。

以上の諸結果は何れも日本合板輸出規格 1 類合板規格値に要求している 285lb/in² (樹種カバに対して) に十分に合格する。

尚現今商業的に用いられている石炭酸樹脂接着剤は、反応時間何れも 1.5~3 時間行い、それを

分液して更に重合を進めた樹脂を使用しているが、此の様な状態に於いて製造した樹脂の粘度は、本実験に於いて用いた樹脂のそれよりも甚だ高い。換言すれば従来用いられている樹脂は縮重合反応を相当進めたものであるから分子量は本実験に用いた樹脂に比し相当大であると考えられる。然るに接着力は Table 7 に示す様に商業的樹脂に比して殆んど遜色は認められない。

Table 7-Birch Plywood Strip Shear Strength (lb/in²) and wood Failure (%) for Commercial Phenolic Resin Glues extended with Walnut Shell Flour.

| Glue (c) Formula | Dry | | 3hr-Boil in Water | | Ratio of Water Resistanc |
|---------------------|--------------------|----|--------------------|----|--------------------------|
| | lb/in ² | % | lb/in ² | % | |
| A | 440.0 | 85 | 392.0 | 95 | 89.2 |
| B | 469.0 | 81 | 374.4 | 58 | 79.8 |
| C | 480.7 | 98 | 369.6 | 96 | 76.9 |
| D | 376.6 | 88 | 337.0 | 84 | 89.5 |
| E | 357.9 | 29 | 298.3 | 29 | 83.3 |

- (a) See footnote (a) of Table 5a
- (b) Birch veneer ; Thickness 1.05mm Moisture Content 12~13%
- (c) See Table 8
- (d) Bonding Condition Spread ; 220gr per 1m² of single glue line Press Temp ; 100°C Press Period ; 10min, Pressure ; 15kg/cm²

Table 8-Glue Formula

| Formula | A | B | C | D | E |
|--------------------|------|------|------|------|------|
| Phenolic Resin | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Walnut-Shell Flour | 0 | 10 | 20 | 30 | 50 |
| Hardner | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Industrial Alcohol | 0 | 10 | 20 | 30 | 50 |
| Solid Content (%) | 61.4 | 59.7 | 58.5 | 57.6 | 56.1 |

(註)一重量割合にて混入して調製した。

Table 7 に示す結果も、何れも日本合板輸出規格 1 類合板規格値に合格する。即ち商業的の石炭酸樹脂についても Walnut-shell Flour で以つて増量する事は甚だ効果的であると思われる。然し商業的の石炭酸樹脂の多くはアルコール溶剤を必要とし、且つ粘度が高く取扱稍々不便である。此れに比して筆者等の調製した樹脂は水溶性で Urea Resin Glue の如く取扱い得る利点を有する。

以上要するに本実験に用いた Phenolic Resin は硬化せしめるために 150°C の熱盤温度を用いなければならぬ欠点を有するも樹脂収量大、取扱容易、水溶性である等の利点を有するのみならず、粘度を高めるために相当増量しても接着力は低下しない。且つ耐水率は殆んど 100 %前後にある。尙これによつて石炭酸樹脂接着剤の価格を相当低廉にする事が出来る。

B. 促進剤添加量が合板接着力に及ぼす影響

石炭酸樹脂の硬化促進剤として最も一般に用いられるのは Hexamethylenetetramine であるが、本実験では 28% Ammonia Solution を用いた。而して RT. 5 RT. 45 によつて調製した樹

脂並びに Table 4a に示した B. Formula の接着剤について、促進剤添加量を 0%, 5%, 10%, 15% と変化せしめた場合についての合板接着力を検討した。その結果は Table 9 に示す通りである。

Table 9-Influence of Amount of Accelerator on Birch Plywood Strip Shear Strength (lb/in²)^(a) and wood Failure (%)^(b)

| Resin | Amount of Accelerator (%) Test Condition | 0 | | 5 | | 10 | | 15 | |
|--------|---|--------------------|----|--------------------|----|--------------------|----|--------------------|----|
| | | lb/in ² | % | lb/in ² | % | lb/in ² | % | lb/in ² | % |
| RT. 5 | Dry | — | — | 332 | 42 | 344 | 12 | 274 | 23 |
| | 3hr-Boil in Water | 313 | 67 | 388 | 10 | 294 | 0 | 254 | 0 |
| | Ratio of Water Resistance (%) | — | | 116.5 | | 82.8 | | 92.9 | |
| RT. 45 | Dry | 341 | 53 | 309 | 12 | — | — | 325 | 28 |
| | 3hr-Boil in Water | 370 | 37 | 390 | 20 | 414 | 27 | 335 | 10 |
| | Ratio of Water Resistance (%) | 108.5 | | 126.5 | | — | | 102.3 | |

- (a) (b) See footnote (a) (b) of Table 5a
- (c) Glue Formula ; B. Formula of Table 4a
- (d) Accelerator ; 28% Ammonia Solution.
- (e) Press Period ; 8min.

即ち促進剤添加量による接着力の差異は殆んど認められないが、5%程添加した場合が少々良好の様である。然し使用樹脂の pH は 8.7 で相当アルカリ性であり、此れに更に強アルカリ性であるアンモニアを添加して硬化せしめる時は Glue line の pH を益々アルカリ性にする結果となり、Aging による合板接着性能の悪化が相当大きいものと考えられる⁽¹³⁾。故に促進剤を添加しなくても十分に接着性能を発揮するから、成る可く促進剤を使用しない方が良い。尚 Table に示す様に RT. 5 によつて調製した Extending Phenolic Resin Glue の接着力は RT. 45 のそれと略々同等の接着力を発揮する。即ち非常に低縮合の Phenolic Resin でも接着剤として十分に使用し得る事が判る。

C. 塗布後集成時間 (Closed Assembly Time) が合板接着力に及ぼす影響

本実験には RT. 45, RT. 75 の樹脂並びに Table 4a に示した A, Formula によつて調製した接着剤でもつて Closed Assembly Time を 0, 5, 10, 15, 20 分間と変えた場合について合板接着力を検討した。その結果は Table 10 に示す通りである。

Table より明らかな様に20分間位の Closed Assembly Time では殆んど接着力には影響がない。以上の結果は何れも日本合板輸出規格 1 類合板規格値に十分に合格する。

Table 10-Influence of Closed Assembly Time on Birch Plywood Strip Shear Strength (lb/in²) and Wood Failure (%)

| Resin | Closed Assembly Time (min) Test Condition | 0 min | | 5 min | | 10 min | | 15 min | | 20 min | |
|--------|--|--------------------|----|--------------------|----|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|
| | | lb/in ² | % | lb/in ² | % | lb/in ² | % | lb/in ² | % | lb/in ² | % |
| RT. 45 | Dry | 398 | 96 | 399 | 54 | 398 | 34 | 324 | 99 | 478 | 100 |
| | 3hr-Boil in Water | 368 | 55 | 502 | 79 | 334 | 34 | 271 | 63 | 350 | 89 |
| | Ratio of Water Resistance (%) | 92.5 | | 125.8 | | 84.0 | | 83.7 | | 76.5 | |
| RT. 75 | Dry | 478 | 98 | 418 | 74 | 406 | 100 | 464 | 100 | 431 | 100 |
| | 3hr-Boil in Water | 549 | 73 | 558 | 97 | 521 | 100 | 552 | 95 | 524 | 97 |
| | Ratio of Water Resistance (%) | 114.6 | | 133.6 | | 128.3 | | 118.9 | | 121.5 | |

(a) (b) See footnote (a) (b) of Table 5a, (c) Glue Formula ; B. Formula of Table 4a.
(d) Press Period ; 8min.

〔Ⅵ〕 要 約

1. 低分子量の Phenolic Resin に Walnut-Shell Flour を増量した接着剤は合板接着剤として甚だ適している。即ち次の様な性状並びに利点を有している。
 - a. 低分子量の石炭酸樹脂は簡単に製造し得ると共に樹脂收量は大である。尙水溶性で取扱に便利である。
 - b. Walnut-Shell Flour で持つて粘度を附与せしめるために50%程増量しても、日本合板輸出規格 1 類合板規格値に合格する。故に接着剤の価格を相当減少せしめ得る。
 - c. 150°C の圧縮温度を用いる時は、樹脂硬化を促進せしめるための促進剤は不要である。
 - d. 20分位の Closed Assembly Time では合板接着力の低下は認められなかつた。
2. 然し次の様な不利な点を有するものと思われる。
 - a. 圧縮温度 150°C の高温を必要とする。
 - b. 単板含水率を 5 ~ 6 % の低含水率に乾燥する必要がある。

Résumé

We have researched about the gluing character of the phenolic resin glues extended with walnut-shell flour.

It is found, that walnut-shell flour is suitable as an extender for phenol-formaldehyde resin glue of low molecular weight.

The results obtained are given in Table 1~10.

1. The phenol resin of low molecular weight which is catalyzed with alkaline is water-soluble and has also long storage life.

2. Without apparent loss in water resistance or gluing properties the walnut-shell flour has been used in proportions up to 40 percent of the total solids contents of the glue.
3. When the press temperature is over 150°C, the employ of the accelerator is not necessary.

文 献

- (1) J. Delmonte; *The Technology of Adhesives* (1947)
- (2) 大島敬治; 最新合成樹脂 (1951)
- (3) 井本 稔; 合成樹脂化学 (1949)
- (4) G. E. Babcock and A. K. Smith; *Ind. and Eng. Chem.*, 85 (1947)
- (5) F. G. Sawyer, Hodgins and J. H. Zeller; *Ind. and Eng. Chem.*, 40, 1011 (1948)
- (6) T. D. Perry; *Modern Wood Adhesives* (1944)
- (7) *Synthetic Resin Glues*; F.P.L. Rep. No. 1336. March 1947.
- (8) A. G. H. Dietz; *Material of Construction, Wood, Plastics, Fabrics.* (1949)
- (9) H. Grinsfelder and M. R. Collins; *Ind. and Eng. Chem.* : 152 (1944)
- (10) 永井芳男以下4氏共訳; プラスチック化学と技術 (1947)
- (11) G. B. E. Süheler; *Modern Plastics* : 118 (1946)
- (12) 合板輸出規格 (改訂) 24. 10. 10. 官報号外.
- (13) G. M. Kline, F. W. Reinhart, R. C. Rinker and N. J. Delollis; *U. S. Dept. of Commerce National Bureau of Standards Research Paper, RP 1748, 37* (1946)
- (14) 大島敬治; 化学と工業, 26 No.1; (1952)