

Grundlagen der HWL Technologie - Hauptrohstoffe

ANDRZEJ KAŁOL¹⁾, SŁAWOMIR KRZOSEK²⁾

¹⁾ Knaufinsulation - Leiter Produktion Holzwolleleichtbauplattenwerk in Simbach am Inn

²⁾ Fakultät für Holztechnologie, der Warschauer Naturwissenschaftliche Universität – SGGW

Abstract: *Grundlagen der HWL Technologie – Hauptrohstoffe.* In diesem Artikel wurde die historische Entwicklung der Industriefertigung eines Holzwerkstoffes – Holzwolleleichtbauplatte (HWL) das gleichzeitig als Bau-; Dämm-; Schall-; Brandschutzmaterial bis zu heutige Tage verwendet wird, mit Schwerpunkt Hauptrohstoffe dargestellt. Es wurden die Rohstoffspezifikation, Rohstoffbereitstellung und wichtige Entwicklungsstufen der Technologie dargestellt.

Schlüsselwörter: Holz, Rundholz, Holzwerkstoffplatte, Holzwolle, Holzwolleleichtbauplatte, Dämmstoff

HOLZ

Holz ist der wichtigste Rohstoff für die Herstellung der HWL-Platten. Für die Herstellung der Holzwolleprodukte wird Holz verschiedenen Holzarten verwendet. Dieses wird in Form von „Industrieholz“ als Rundholz ohne Rinde eingekauft und mehrere Monate auf Freilager abgelegt.

Beim Einkauf des Holzes verwendet man folgende Begriffe und Definitionen:

Industrierundholz: Rohholz unterschiedlicher Holzart und Qualität, muss stammglatt entastet sein sowie rechtwinklige, glatte Schnittflächen und abgeschrotete Wurzelanläufe aufweisen.

Schleifholz: gesundes, sorten- und artenreines, ungespaltenes frisches Industrieholz in vollen Meterlängen mit definiertem zulässigen Längenübermaß, Mindestzopfdurchmesser und Maximaldurchmesser.

Zelluloseholz und Plattenholz: Gesundes, auch trockenes, Industrieholz, auch gespalten, Längen von 1 bis 6 m, mit definiertem Mindestzopfdurchmesser.

Holzwolleholz: Am besten ist trockene Lagerung des entrindeten Sterholzes.

Frischholz: der Wassergehalt soll noch annähernd den Wassergehalt des lebenden Baumes entsprechen.

Atro- (Darr) trockenes Holz: absoluttrockenes Holz (im Klimaoffen getrocknet).

Pilzbefall: meist für die Holzwolleproduktion ohne Bedeutung mit der Ausnahme von holzabbauenden Pilze – da ist das Holz für die HoWo Produktion ungeeignet.

Käferholz: bei geringerem Befall verwendbar.

Maßeinheiten:

Festmeter (fm): Maßeinheit für Rundholz

Raummeter (rm): Maßeinheit für Schichtholz (Rundholz gestapelt)

Kubikmeter (m³)/(qm): Maßeinheit für Schnittware

Aus der Broschüre „Holzhandelsusancen“ werden die Umrechnungsfaktoren von 1m-Stücken (bei Unterscheidung von Laub und Nadelholz, Rundholz- Scheitern mit und ohne Rinde) verwendet: wichtigere Umrechnungen für Holz ohne Rinde:

Nadelfaserholz- Rundholz 1rm = 0,75 fm

Nadelfaserholz- Scheiter 1rm = 0,70 fm

Rohdichte: Laubfaserholz – Rundholz $l_{rm} = 0,70 \text{ fm}$
 Kennzahl in $[\text{kg}/\text{m}^3]$ – ergibt sich aus der Holzmasse, dividiert durch das gegebene Volumen, bei bestimmten Wassergehalt.

Holzfeuchte: in [%] drückt den Wasseranteil im Holz aus und wird aus der Differenz zwischen Nass- und Atrogewicht errechnet.
 In HWL-Branche gibt folgende gebräuchliche Definitionen für die Feuchte

Feuchte auf Einwaage (F.a.E)

$$\text{F.a.E.} = (M_w / M_{w+M_{atro}}) \times 100 \text{ [%]}$$

Feuchte auf Darre (F.a.D.)

$$\text{F.a.D.} = (M_w / M_{atro}) \times 100 \text{ [%]}$$

wo

M_w : Masse des gesamten Wasser im Holz

M_{atro} : Trockenmasse des Holzes

Bei der Herstellung der Holzwoleleichbauplatten ist die Feuchte des zum Einsatz kommenden Holzes einer der entscheidenden Größen. Deutlich variierende Feuchte sollte vermieden werden, weil diese zu stark schwankenden Mischgutqualitäten und somit zu unterschiedlichen Oberflächenstrukturen der Platten führen kann.

Die Art und Zeit der Lagerung von Rundholz hilft hier eine etwa ausgeglichene Holzfeuchte zu erreichen. Der Austrocknungsvorgang beginnt bereits beim Einschlag und hängt von mehreren Faktoren ab:

- Holzart,
- Jahresperiode der Baumfällung (beste Ergebnisse liefert Holz das im Herbst und Winter geschlägert wurde),
- Zeitpunkt, Ort und Genauigkeit der Entrindung (gesamte Rinde sollte entfernt werden so dass möglichst offene Verdunstungsfläche entsteht),
- Länge der für die Lagerung bestimmten Stämme,
- Zwischenlagerung im Wald – positiv ist eine Windexponierte und möglichst trockene Lagerung,
- Art und Ausführung der Polterlagerung – die meiste Feuchte wird bei dieser Lagerung abgebaut.

Die beste Verarbeitungsfeuchte des Holzes liegt zwischen 22 und 40 % F.a.D wobei die untere Grenze mehr durch Wirtschaftlichkeit der Lagerung (Bindung hohen finanziellen Ressourcen bei erheblich längerer Trocknungsdauer) und die obere Grenze durch die Verarbeitbarkeit (wenn über 40% feucht – keine Verhobelung möglich) bestimmt!

Als Grundregel für die Lagerung des Holzes zu Erreichung der Verarbeitungsfeuchte gilt eine Zeitperiode von 6 bis 12 Monate.

In der Geschichte der Branche liegen viele Versuche mit anderen Ausgangsstoffen (z.B. Bambus) zurück, bei denen eine Anforderung als besonders wichtig erscheint. Es geht um die Eignung des Rohstoffes hinsichtlich des Abbindeverhaltens mit jeweiligen mineralischen Bindemitteln. Standardmäßig verwendete Holzarten (Fichte; Linde; Pappel; Kiefer; Erle), müssen folgende Anforderungen ausfüllen:

- Keine Inhaltstoffe die negativ die Abbindung der Bindemitteln beeinflussen,
- Gute Zerspanbarkeit,
- Neutrales Farberscheinungsbild,
- Gerade Wuchs, möglichst niedrige Astigkeit und Rohdichte.

BINDEMITTEL

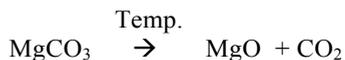
Die Holzwolleleichtbauplatte vereinigt zwei Materialien mit verschiedenen Eigenschaften, elastisches Holz und hartes mineralisches Bindemittel, zu einer Einheit mit neuen Eigenschaften - Komposit. Es liegt eine ähnliche Materialkombination wie bei Stahlbeton vor, wo der elastische, biegsame und dehnbare Stahl mit dem harten, druckfesten Beton kombiniert wird. Die mineralische Inkrustierung umhüllt dabei die Holzwolle und verkittet sie gleichzeitig untereinander, wodurch die Platte ein festes Gefüge erhält. Durch die Kombination der 2 Komponenten entstehen hervorragende Bautechnische Eigenschaften zu denen zählt z.B.:

- Geringe Wärmeleitfähigkeit - der Wärmedurchgangskoeffizient wird trotz der höheren Werte der Ausgangsmaterialien in Kombination mit dem eingeschlossenen Luftvolumen auf Werte unter 0,1 W/mK gesenkt;
- Hohe Schallabsorption - die porige Oberfläche ermöglicht eine optimale Aufnahme des Schalls. Die eindringenden Schallwellen wandeln sich in Körperschall um.
- Die Elastizität des Faserverbundes der Platte, die bautechnisch als „biegeweiche Schale“ arbeitet, bewirkt eine Reduktion dieser Biegeschwingungen durch Umwandlung in Reibungswärme;
- Feuchteschutz (Tauwasserschutz) - die poröse Struktur ist atmungsaktiv und ermöglicht die bei klimatischen Änderungen notwendige Wasserdampfdiffusion. Die Wasseraufnahmefähigkeit des mineralischen Bindemittels puffert dabei die großen Differenzen in der relativen Luftfeuchtigkeit und verhindert ein Ausfallen des Wassers bei tiefen Temperaturen;
- Feuerwiderstand - der mineralische Anteil im Faserverbund schützt die Holzwolle vor direkter Verbrennung. Bei der Verschmelzung unter großer Hitze bleibt dadurch die Plattenstruktur lange erhalten und es kommt nicht zu einem plötzlichen Versagen der Plattenfestigkeit;
- Putzgrund - die offene Struktur und das mineralische Bindemittel ermöglichen in der Verarbeitung nahezu uneingeschränkt jede weitere Materialkombination;
- Stabilität und Verarbeitung - die Platten werden wand- und deckenbildend eingesetzt. Sie können ab 50mm Dicke freistehend aufgemauert werden und sind durch Sägen, Fräsen, Bohren und Kleben einfach verarbeitbar.

AUSWAHL DES BINDEMITTELS

Allgemein ist anzumerken, daß von der Normung her kein Unterschied gemacht wird. Die Produktspezifikationen sind für Portlandzement, Magnesit und Kombinationen aus Zement und Kalk gleich und sind in der „Europäischen Produktnorm für Holzwolleplatten und Holzwolle-mehrschichtplatten“ EN13168 niedergeschrieben. Diese Norm ersetzt alle nationalen Normen wie zB: DIN1101, ÖNORM B6021. Für die spezifischen Produktanwendungen gelten in Ergänzung neue nationale Anwendungsnormen, zB: DIN V4108-10, ÖNORM B6000. Je nach technischer Anwendung bieten die verschiedenen mineralischen Bindemittel allerdings spezifische Vorteile, die zum Teil auch nur emotionaler Natur sind.

Kaustisch gebrannter Magnesit ist historisch gesehen, das erste industriell verwendete Bindemittel für die HWL-Produktion. Rohmagnesit dient zur Erzeugung von Sintermagnesit, dem Grundstoff für hochfeuerfeste Materialien, sowie von kaustisch gebranntem Magnesit welcher bei der Herstellung von Holzwolle-Leichtbauplatten Verwendung findet. Die industrielle Herstellung von kaustisch gebranntem Magnesit (kurz: Kauster) erfolgt in Drehrohröfen. Hierbei wird Magnesit bei Temperaturen um die 750 °C gebrannt um Kohlendioxid abzuspalten und somit Magnesiumoxid zu erhalten.



Die wichtigsten magnesiumhaltigen Minerale, welche in der Natur vorkommen, wurden in Tabelle 1 dargestellt.

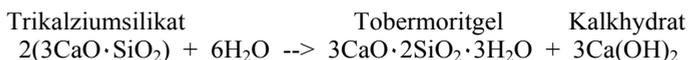
Tab. 1 Wichtigste magnesiumhaltige Minerale

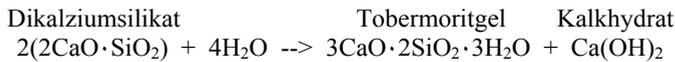
Mineral	Chemische Zusammensetzung	Chemische Bezeichnung
Magnesit	MgCO ₃	Magnesiumcarbonat
Brucit	Mg(OH) ₂	Magnesiumhydroxid
Periklas	MgO	Magnesiumoxid

Die Magnesitbindung auch Kausterbindung genannt entspricht uneingeschränkt den baubiologischen Anforderungen an einen ökologischen Bau- und Dämmstoff. Sie ermöglicht biologischen Abbau zB. durch Kompostierung. Chemisch gesehen ist die Kausterbindung eine exotherme Reaktion. Der Anteil an freiem MgO bestimmt prinzipiell die Reaktivität des Kausters. Über die Mahlfineinheit und damit die spezifische Reaktionsoberfläche kann die Aktivität zusätzlich eingestellt werden. Kauster ist ein reaktionsfähiges Bindemittel, welches bei Wärmezufuhr rasch erhärtet, sodaß die Plattenproduktion im kontinuierlichen Endlosverfahren einer Doppelbandanlage möglich ist. Als Bindemittel für die HWL Herstellung werden Kauster mit folgenden Bezeichnungen verwendet RKM-P; RKM-PF; RKM-F. Die Verwendung des jeweiligen Kausters ist der Technologie unterordnet und in der Regel je feiner die Mahlung und höher der Anteil des MgO desto reaktiver ist der Bindemittel. Reaktivere Bindemittel werden im kontinuierlichen Pressverfahren einer Bandformmaschine eingesetzt, die „langsamere“ werden an der „Pressenanlagen“ (kaltes Abbindeprozess) verwendet.

Die Mörtel sind Bindemittel, welche mit Wasser angerührt, nach gewisser Zeit steinartig er härten. Je nach der Widerstandsfähigkeit der erhärteten Mörtel gegen den Angriff von Wasser unterscheidet man Luftmörtel (zB. Kalk, Gips), welche von Wasser angegriffen werden, und Wassermörtel (z.B. Zement), welche dem Angriff von Wasser widerstehen. Der gewöhnliche Kalkmörtel erhärtet als Luftmörtel nur an der Luft, nicht aber unter Wasser. Will man zu einem wasserbeständigen Kalkmörtel kommen, so muß man den Kalkstein vermischt mit Tonerde (Al₂O₃) brennen. Das so erhaltene Produkt heißt Zement und besteht zum Hauptanteil aus hochbasischen Verbindungen des Kalziumoxids (58-66%) mit Siliziumoxid (18-26%), in Form von Kalziumsilikaten, Aluminiumoxid (4-12% in Form von Kalziumaluminaten) und Eisenoxid (2-5% in Form von Kalziumferriten). Der bekannteste Zement ist der **Portlandzement**, zu dessen Herstellung kalk- und tonreiche Materialien in Drehrohröfen bis zur Sintergrenze von 1400-1450°C erhitzt werden. Dabei bilden sich die für die hydraulische Bindung erforderlichen Kalziumverbindungen, der sogenannte Portlandzementklinker.

Wasserfeste Zementbindung. Das Prinzip der **hydraulischen Bindung** beruht darauf, daß die pulverförmigen Kalziumverbindungen mit Wasser eine gallertige Masse bilden. Der Chemiker nennt diesen Vorgang Gel-Bildung, wobei unter Gel eine zusammenhängende Masse kolloidaler Einzelteilchen verstanden wird. Beim Erstarren kommt es zu einer Verkettung und Vernetzung des Feststoffanteils, quasi zu einem Gerüst, das die Gelmasse zusätzlich versteift. Die Verfestigung erfolgt zunächst durch Wasseraufnahme des Kalziumsilikats (Abbinden) und schreitet dann langsamer fort, wobei die Kalziumsilikate und -aluminat unter Abscheidung von Ca(OH)₂ mehr oder minder hydrolytisch zersetzt werden.





Die Hydratation der aluminathaltigen Komponenten erfolgt unter starker Beteiligung des Sulfats aus dem Gips. Mit der Sulfatkomponente bildet das Trikalziumaluminat zunächst die Verbindung Ettringit: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ die das zu rasche Abbinden des Portlandzements verhindert. Nach etwa 24 Stunden wandelt sich Ettringit mit dem Restaluminium in das sulfatärmere Monosulfat



um, das dann im erhärteten Portlandzement als stabile Aluminiumverbindung vorliegt. Erst wenn das gesamte Sulfat verbraucht ist, kommt es zur Bildung des reinen Kalziumaluminiumhydrats $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Bei dem langsam folgenden Erhärten kristallisieren -ähnlich wie bei Gips- kompliziert zusammengesetzte Hydrate von Kalziumsilikaten und -aluminaten aus, die fest miteinander verwachsen sind und die maßgebliche Härte bedingen. Der Zement muß dementsprechend auch nach dem Abbinden noch feucht gehalten werden. Später geht zusätzlich das überschüssige $\text{Ca}(\text{OH})_2$ unter Aufnahme von CO_2 aus der Luft in CaCO_3 über. Aufgrund des Chemismus der Hydratisierung erstarrt und erhärtet Zement sowohl an der Luft als auch unter Wasser. Demzufolge ist die Zementbindung witterungsunempfindlich und bei HWL-Platte für Außenanwendungen vorzuziehen.

Für die „Pressenproduktion“ der HWL-Platte verwendet man Portlandzemente mit folgenden Bezeichnungen: CEM I / A-LL 32,5 R; CEM II / A-LL 42,5R; CEM II / A-LL 52,5R. Alle Eigenschaften der Zemente sind aus der sehr zahlreichen Fachliteratur zu entnehmen. Generell die Mahlfineinheit (in Blainwert ausgedrückt) beschreibt die Reaktivität des Zementes und diese wiederum führt dazu, dass reaktivere Zemente für die kalte Jahreszeit und die „langsamere“ für den Sommerbetrieb verwendet werden.

ZUSATZSTOFFE

Zur Erhöhung der Manipulationsfestigkeit während der Formgebung im Pressenprozeß werden dem Anmachwasser verschiedene Salze in unterschiedlichen Konzentration beigemischt, zB: Chloride, Cefkaform, Magnesiumsulfat oder -Chlorid. Auch die Verwendung von Wasserglas, sowie andere aus der Bauchemie stammende Produkte (z.B. Fließmittel, Additive, Schaumbildner etc.) ist bekannt. Am meisten verwendete Salze:

Magnesiumsulfat: (Kieserit - Bittersalz) - bis ca 1990 verwendetes Salz zur Herstellung der Magnesiumsulfat-Lösung. MgSO_4 -Anteil ca 81%, Rest kristallin gebundenes Wasser. Für die Lösung wurde 90°C warmes Wasser benötigt. Daher rührt auch der Begriff „Kochen“. Zusätzlich sind die notwendigen Rührzeiten länger und die Rückstände höher.

Kalziniertes Kieserit: 98%iges MgSO_4 -Salz, kristallines Wasser weitgehend ausgetrieben, heute für die Herstellung verwendeter Rohstoff

Magnesiumchlorid: 47%iges MgCl_2 -Salz – Hydrat

Calciumchlorid: 77/80%iges CaCl_2 -Salz – Hydrat

Cefkaform: Calciumformiat, $\text{Ca}(\text{COOH})_2$, technisch 98% rein, Ca-Gehalt >30%

Bedankung

Der Artikel wurde mit freundliche Unterstützung der Fa. Knaufinsulation Operation GmbH mit Sitz in Simbach am Inn geschrieben. Die Autoren bedanken herzlich für die tatkräftige Unterstützung von Herrn Ludwig Schaffer, langjährigen Werksleiter des Werkes in Simbach am Inn.

LITERATUR:

1. CZERNIN W. 1977: Zementchemie für Bauingenieure. Bauverlag. Deutschland.
2. „Eckdaten der Unternehmensgeschichte“ Heraklith – Ferndorf, April 2005.
3. HERWARTH v. RENESSE 1939: Werkstoff Ratgeber. Buchverlag W. Girardet. Essen. Deutschland.
4. KOLDITZ G. 2005: HWL-Doku.
5. LOHMANN U. 1993: Holzhandbuch DRW Verlag.

NORMEN:

1. DIN 1101:2005: Textilien – Brennverhalten von Vorhängen und Gardienen – Detailliertes Verfahren zur Bestimmung der Entzündbarkeit von vertikal angeordnete Proben.
2. DIN V 4108-10:2015: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe.
3. EN 13168:2012: Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzwolle (WW) – Spezifikation.
4. ÖNORM B6021:2003: Dämmstoffe für den Wärme une/oder Schallschutz im Hochbau. Holzwolle-Dämmplatten WW und Holzwolle-Mehrschicht-Dämmplatten.
5. ÖNORM B 6000:2013: Werkmäßig hergestellte Dämmstoffe für den Wärme und/oder Schallschutz im Hochbau – Arten und Anwendung.

Streszczenie: *Podstawy technologii lekkiej płyty z wełny drzewnej – najważniejsze surowce.* W referacie przedstawiono i scharakteryzowano podstawowe surowce, czyli drewno, materiały łączące oraz dodatki stosowane do produkcji lekkiej płyty budowlanej z wełny drzewnej oraz ich przygotowanie w procesie technologicznym. Płyta ta jest wykorzystywana do dnia dzisiejszego jako materiał budowlany o dobrych właściwościach tłumiących i przeciwogniowych.

Autorenadressen:

Andrzej Kąkol
Knauf Insulation GmbH
Heraklithstraße 8
D-84359 Simbach Am Inn
e-mail: Andrzej.Kakol@knaufinsulation.com

Sławomir Krzosek,
Katedra Nauki o Drewnie i Ochrony Drewna,
Wydział Technologii Drewna SGGW,
ul. Nowoursynowska 159,
02-776 Warszawa,
e-mail: slawomir_krzosek@sggw.pl