

Inż. TADEUSZ ORLICZ i Dr. Inż. FRANCISZEK KRZYSIK

## Wartość opałowa drewna bukowego.

*Untersuchungen über den Heizwert des Rotbuchenholzes.*

(Dokończenie).

## 3. Wyniki pomiarów.

Uzyskane wyniki zestawiono w załączonych tabelach.

Tab. 2. Zestawienie poprawek przyrostu temperatury i temperatur.

Oznaczenie	Zdrowy biel			Zamróż			Fałszywa twardziel		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
$m$	4.75	4.5	4.5	4.5	4.5	6.0	5.0	5.5	4.25
$v_{\Delta}$	-0.0024	-0.0030	-0.0030	-0.0017	-0.0024	-0.0026	-0.0028	-0.0025	-0.0031
$n_{\Delta}$	0.0045	0.0047	0.0042	0.0041	0.0040	0.0036	0.0048	0.0055	0.0047
$T'_0$	18.665	18.893	16.000	16.052	17.906	15.833	19.727	19.088	18.995
$T'_m$	20.794	21.095	18.228	18.218	20.118	18.071	21.953	21.465	21.273
Poprawka Ochęduski $\Delta T$	0.016	0.015	0.013	0.014	0.013	0.017	0.018	0.024	0.014
Przyrost temp. $T'$	2.129	2.202	2.228	2.166	2.212	2.238	2.226	2.377	2.278
Skorygowany przyr. temp. $T$	2.145	2.217	2.241	2.180	2.225	2.255	2.244	2.401	2.292

Tab. 3. Wyniki pomiarów kalorymetrycznych.

Oznaczenie		Zdrowy biel			Zamróż			Fałszywa twardziel		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
Waga trocin w <i>gr</i>	$d$	0.6693	0.6983	0.6206	0.6697	0.6550	0.7038	0.6784	0.7868	0.7479
Waga oleju w <i>gr</i>	$g$	0.1491	0.1496	0.1883	0.1571	0.1727	0.1575	0.1663	0.1534	0.1490
Waga nitki w <i>gr</i>	$n$	0.0039	0.0042	0.0042	0.0035	0.0034	0.0035	0.0047	0.0041	0.0048
Waga wody w <i>gr</i>	$W$	1802.4	1795.0	1799.8	1802.0	1808.2	1801.0	1803.5	1802.3	1805.9
Przyrost temp. w $^{\circ}C$	$T$	2.145	2.217	2.241	2.180	2.225	2.255	2.244	2.401	2.292
Zużycie $\frac{1}{10} n$ roztworu sody w $cm^3$ , zarazem poprawka z powodu tworzenia się $HNO_3$ w <i>kal/gr</i>	$K_a$	7.9	8.5	6.9	5.2	5.2	6.0	6.2	8.2	8.8
Poprawka z powodu tworzenia się $H_2SO_4$ w <i>kal/gr</i>	$K_s$	9.9	10.0	9.6	9.2	9.2	9.4	9.4	9.7	9.9
Ciepło spalania w <i>kal/gr</i>	$D$	4405.8	4409.2	4414.2	4393.6	4402.1	4397.6	4387.1	4382.1	4368.5
Średnia z 3 pomiarów w <i>kal/gr</i>		4409.6			4397.8			4379.2		

W tabeli 3 podano wszystkie czynniki potrzebne do obliczenia ciepła spalania, pozatem uwzględnić należy elementy podane w ustępie 2 t. z. wartość wodną kalorymetru ( $W_0 = 337.3 \text{ kal/}^\circ\text{C}$ ), ciepło spalania oleju gazowego ( $G = 10792.6 \text{ kal/gr}$ ) i ciepło spalania nitki ( $N = 4000 \text{ kal/gr}$ ).

Ciepło spalania obliczano z równania:

$$\frac{d \times D + g \times G}{d + g} = \frac{(W + W_0) T - (nN + K_a)}{d + g} - K_s \text{ kal/gr}$$

z którego wynika:

$$D = \frac{(W + W_0) T - [nN + K_a + g(G + K_s)]}{d} - K_s \text{ kal/gr}$$

Wzór powyższy uwzględnia poprawki z powodu tworzenia się przy spalaniu w bombie kalorymetrycznej kwasu azotowego i siarkowego. Poprawki te uwzględniono we wzorze wspólnie dla drewna i oleju, ponieważ nie znano ich procentowej zawartości siarki, stosunek zaś drewna do oleju można w przybliżeniu traktować jako stały.

Ponieważ podane dotychczas wyniki odnoszą się do próbek o rozmaitym stopniu wilgotności, podano w następnej tabeli wartości porównawcze ciepła spalania i wartości opałowej w odniesieniu do substancji suchej i do substancji palnej, t. zn. po odliczeniu popiołu.

Tab. 4. Ciepło spalania i wartość opałowa.

Oznaczenie	Zdrowy biel	Zamróż	Falszywa twardziel
Ciepło spalania próbki <i>Kal/kg</i>	4409·6	4397·8	4379·2
Wilgotność ( <i>w</i> ) w % ciężaru próbki	6·071	8·318	8·937
Ciepło spalania substancji suchej <i>Kal/kg</i>	4694·6	4796·8	4809·0
Różnica ciepła spalania w porównaniu z ciepłem spalania zdrowego bielu	<i>Kal/kg</i> — % —	+102·2 +2·18	+114·4 +2·44
Wartość opałowa (dolna) substancji suchej <i>Kal/kg</i>	4355·5	4457·7	4469·9
Zawartość popiołu ( <i>p</i> ) w odniesieniu do suchej substancji w %	0·30	0·32	0·35
Wartość opałowa substancji palnej <i>Kal/kg</i>	4368·6	4472·0	4485·6
Różnica w wartości opałowej substancji palnej w porównaniu ze zdrowym bielem	<i>Kal/kg</i> — % —	+103·4 +2·37	+117·0 +2·68

Ciepło spalania substancji suchej obliczono wzorem:

$$D_s = \frac{D \times 100}{100 - w}$$

Wartość opałową (dolną) substancji suchej obliczono wzorem:

$$D'_s = D_s - 6 \times 9 h,$$

gdzie  $h$  oznacza procent wodoru w suchej substancji, który przyjęto na 6.28% dla wszystkich trzech rodzajów próbek<sup>1)</sup>.

Wartość opałową substancji palnej obliczono wzorem:

$$D'_p = \frac{D'_s \times 100}{100 - p},$$

gdzie  $p$  = zawartość popiołu w % suchej substancji.

#### 4. Wnioski praktyczne.

Przeprowadzone pomiary dają następujące wyniki:

1. Ciepło spalania substancji suchej jest w przybliżeniu o 2.5% wyższe dla fałszywej twardzieli i zamrozi, niż dla zdrowego bielu. Różnicy tej nie można sprowadzać do niedokładności pomiaru, gdyż te wahać się mogą co najwyżej w dziesiątych procentu, osiągając w przecięciu wysokość 0.2%.

Wytłómaczenia tego zjawiska szukać należy w procesach związanych z tworzeniem się w tkankach fałszywej twardzieli gumy drzewnej i innych substancji twardzielowych z grupy pentozanów o wyższej wartości opałowej niż lignina i celuloza, Wskazuje na to również fakt, że zamróż i fałszywa twardziel — o ile nie znajdują się w stadium procesów gnilnych — wykazują ciężar właściwy nieco wyższy od zdrowego bielu.

Zamróż, jako stadium przejściowe w tworzeniu się fałszywej twardzieli daje analogiczne wyniki, miarodajne jednak tylko w odniesieniu do ciepła spalania, względnie wartości opałowej substancji suchej.

2. Wartość opałowa drewna handlowego, spalane w warunkach życia codziennego, musi być zmodyfikowana w kierunku uwzględnienia procentu wilgotności, a mianowicie wartość opałowa drewna przeschniętego na powietrzu:

$$D'_w = \frac{100 - w}{100} D'_s - 6_w$$

<sup>1)</sup> Wobec braku analizy elementarnej procent wodoru przyjęto z tabeli przytoczonej na wstępie (Bunbury-Elsner), z uwzględnieniem, że podane w niej wartości odnoszą się do substancji palnej, dla obliczenia więc wodoru substancji suchej należało uwzględnić procent popiołu.

gdzie  $w$  (procent wilgotności) waha się około 15%. Dotychczasowe doświadczenia wykazały, że zamróż oddaje wodę trudniej niż zdrowy biel, wskutek czego drewno normalnie przeschnięte wykazuje większą zawartość wody w zamrozi, niż w bielu lub fałszywej twardzieli, które wykazują cyfry niemal identyczne. Różnice wilgotności po kilkomiesięcznym suszeniu są stosunkowo nieznaczne, gdyż nadwyżka wilgoci zamrozi obejmuje około 20% wilgotności zdrowego bielu, co w cyfrach bezwzględnych wyraża się wartością kilku %. Wobec tego wartość opałowa w zastosowaniu praktycznym będzie dla zamrozi nieco niższa, niż dla fałszywej twardzieli lub zdrowego bielu. Różnice te ujęte rachunkowo dadzą następujące wyniki:

a) Zdrowy biel — 15% wilgotności.

$$D'_w = \frac{100 - w}{100} \times D'_s - 6w$$

$$D'_w = \frac{100 - 15}{100} \times 4695 - 6 \times 15 = \underline{3901 \text{ Kal/kg}}$$

b) Zamróż — 18% wilgotności (a więc 20% więcej niż w zdrowym bielu).

$$D'_w = \frac{100 - 18}{100} \times 4797 - 6 \times 18 = \underline{3826 \text{ Kal/kg}}$$

c) Fałszywa twardziel — 15% wilgotności:

$$D'_w = \frac{100 - 15}{100} \times 4809 - 6 \times 15 = \underline{3998 \text{ Kal/kg}}$$

W porównaniu ze zdrowym białem wykazuje zamróż w najgorszym wypadku różnicę *in minus* 1.9%, fałszywa twardziel różnicę *in plus* 2.5%, wobec czego z praktycznego punktu widzenia można ich wartość opałową przyjąć jako przeciętnie równą wartości opałowej zdrowego bielu. W tych warunkach zamróż, nie będąca jeszcze w stadium gnicia, pod względem opałowym nie może być traktowana jako woda techniczno-handlowa.

3. Wyników powyższych nie można generalizować w odniesieniu do drewna zgniłego, które z natury rzeczy wykazuje daleko niższe wartości opałowe substancji suchej i większy procent wilgotności

W czasie wykonywania naszej pracy korzystaliśmy z wydatnej pomocy i wskazówek p. Inż. Stanisława Ochęduszki, adjunkta Politechniki Lwowskiej, którego materiały naukowe wykorzystaliśmy częściowo w toku pracy. Za udzieloną nam pomoc wyrażamy tą drogą serdeczne podziękowanie.



Pozatem korzystalaliśmy z pomocy udzielonej w formie materjałów technicznych przez Zakład Chemji Organicznej i Mechaniczną Stację Doświadczalną Politechniki Lwowskiej.

*Z Laboratorium Kalorymetrycznego Politechniki Lwowskiej.*

### ZUSAMMENFASSUNG.

Der Zweck der ausgeführten Untersuchungen war festzustellen, wie sich die Heizwerte der einzelnen Partien des durch den Frost beschädigten Rotbuchenholzes (gesunder Splint, Frostkern- und Rotkernzone) verhalten.

Das Untersuchungsmaterial bildete eine in der Höhe von 6 m aus einem durch den Frost beschädigten Stamme ausgeschnittene Scheibe, welche die Falschkern- und Frostkernzonen deutlich unterscheiden liess. Das Probestück wurde 8 Monate lang in Zimmertemperatur aufbewahrt. Nach dieser Zeit hatte es noch einen durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt von 12<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Die Untersuchung wurde absichtlich nur auf eine Scheibe begrenzt, um nur Ergebnisse aus einem möglichst gleichwertigen Material zu erhalten.

Die ganze Probescheibe wurde weiterhin in feines Sägemehl verwandelt. Sein Feuchtigkeitsgehalt wurde jedesmal, unmittelbar vor der Heizwertbestimmung nach der bekannten Erdmann'schen Xylolmethode untersucht.

Aus dem Sägemehl wurden in einer Presse Briketts angefertigt. Um ihre Verbrennung vollkommen (ohne Materialverluste) ausführen zu können, wurden sie mit Gasöl von dem bekannten oberen Heizwerte getränkt und in einer Berthelot-Mahler'schen Bombe verbrannt.

Für jede Holzzone wurden je drei Heizwertbestimmungen ausgeführt. Die Differenzen zwischen den einzelnen Bestimmungen in jeder Versuchsserie erreichen die durchschnittliche Höhe von 0.2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Nach der Umrechnung der Untersuchungsergebnisse auf die Trockensubstanz erlangt man folgende Werte für die Verbrennungswärme:

Gesunder Splint . . . . .	4694.6 Kal/Kg
Frostkern . . . . .	4796.8 " "
Falscher Kern . . . . .	4809.0 " "

Um den unteren Heizwert berechnen zu können, wurde der Wasserstoffgehalt  $H = 6.28^0/0$  in der Trockensubstanz des Holzes angenommen. Die unteren, bei dieser Voraussetzung berechneten Heizwerte betragen:

Gesunder Splint . . . . .	4355.5 Kal/Kg
Frostkern . . . . .	4457.7 " "
Falscher Kern . . . . .	4469.9 " "

Die ausgeführten Untersuchungen führen zu folgenden Schlussfolgerungen:

1. Die auf die Trockensubstanz reduzierten Heizwerte des Frostkerns und des Rotkerns — soweit sich diese bereits nicht im Fäulnisszustand befinden — sind beinahe um 2.5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> höher, als der Heizwert des gesunden Splintes. Diese Erscheinung ist auf die Anwesenheit der Holzgummi-substanzen aus der Pentosangruppe, die höheren Heizwert als Lignin und Zellu-

lose besitzen, zurückzuführen. Es weist darauf auch die Tatsache, dass der Frostkern und Rotkern ein etwas grösseres spezifisches Trockengewicht, als der gesunde Splint, besitzen.

2. Der Heizwert des Frostkerns, der als das Übergangsstadium zur Bildung des typischen Rotkerns aufzufassen ist, liegt zwischen den Heizwerten des gesunden Splintes und des Rotkernholzes.

3. Das Holz als Brennstoff wird meistens im lufttrockenen Zustande, d. h. bei etwa 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Feuchtigkeitsgehalt, verbrannt. Bekanntlich verliert aber der Frostkern das Wasser langsamer als der gesunde Splint. Demzufolge weist er grösseren Wassergehalt auf, als der gesunde Splint und der Falschkern, deren Wassergehalte im lufttrockenen Zustande beinahe gleich sind. In extremen Fällen ist der Feuchtigkeitsgehalt des Frostkerns auf den Feuchtigkeitsgehalt des gesunden Splintes zurückgeführt um 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> grösser. Die angeführten Feuchtigkeitsdifferenzen dürfen bei der Feststellung des technischen Heizwertes nicht übersehen werden.

Auf den angeführten Untersuchungen und Annahmen basiert berechnet sich der technische Heizwert des Frostkernholzes um 2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> niedriger, und des Rotkernholzes um 2.5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> höher, im Vergleich mit dem technischen Heizwerte des gesunden Splintholzes.

Da die angeführten Heizwertdifferenzen sich im Durchschnitte ausgleichen, darf also der Frostkern der Rotbuche bei der Bewertung für Verbrennungszwecke nicht als Nachteil betrachtet werden — falls sich das Holz nicht im Fäulnisszustand befindet.

*Aus dem Laboratorium für Kalorimetrie an der Technischen Hochschule in Lwów — Polen.*

#### SPROSTOWANIE.

W I części pracy na str. 213 stwierdzono błąd drukarski. W 3 wierszu od dołu równanie ma mieć postać:

$$\delta \mathcal{D} = \alpha [t'n - (n't_{pt} + n''t_{po})].$$