

Zastosowanie nagrzewania promiennikowego w przemyśle drzewnym

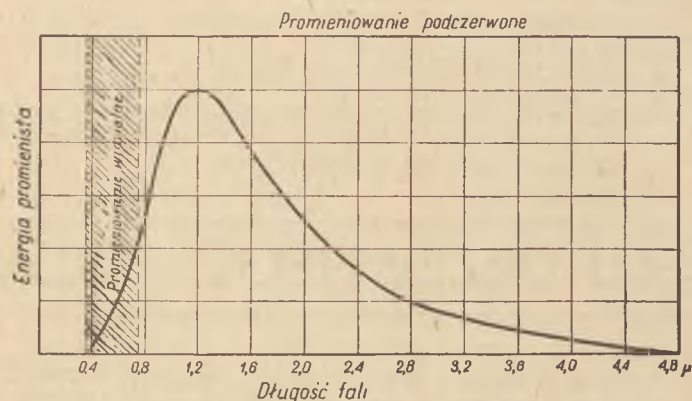
Badania, prowadzone w kierunku zastosowania nagrzewania promiennikowego w przemyśle drzewnym, mają na celu modernizację procesów i ich skrócenie.

Dotychczasowe metody suszenia drewna i powłok na drewnie opierają się zasadniczo na odparowaniu wilgoci (rozpuszczalników: farb, lakierów itp.) przez dostarczanie ciepła drogą konwekcji i przewodnictwa cieplnego.

Z uwagi na niewielki współczynnik przewodnictwa cieplnego drewna procesy oparte na tej metodzie siłą rzeczy muszą być długotrwałe, zwłaszcza że sam suszony materiał ogranicza możliwość stosowania wyższych temperatur.

Ostatnio zwrócono więc uwagę na inne sposoby dostarczania ciepła, które pozwalają na szybszy przyrost temperatury w suszonym materiale. Jednym z tych sposobów jest nagrzewanie promiennikowe.

Użyty przez nas termin „nagrzewanie promiennikowe”, znany szerszemu ogółowi jako „suszenie podczerwienią”, „suszenie promieniami podczerwonymi” itp. wymaga pewnego wyjaśnienia. Otóż termin „nagrzewanie promiennikowe” najlepiej charakteryzuje istotę omawianego zjawiska, w którym mimo, że promieniowanie podczerwone jest głównym elementem dostarczania energii i jego udział w przekazywaniu ciepła odgrywa najważniejszą rolę (większą część promieniowania elektr. lampowych promienników, stosowanych w technice przypada na podczerwień, jak to wykazuje wykres zamieszczony na rys. 1) dostarczanie i przemiana energii promienistej w ciepłą zachodzi w całym zakresie długości fali promieniowania temperaturowego, a nie tylko w zakresie podczerwieni.



Rys. 1. Wykres promieniowania elektr., lampowego promiennika

Istota nagrzewania promiennikowego i dostarczania ciepła metodą promiennikową polega na absorpcji promieniowania, padającego na powierzchnię materiału i na jego zamianie w ciepło. Ciepło jest więc dostarczane nie drogą konwekcji lecz przez promieniowanie. Należy podkreślić, że w odróżnieniu od dostarczania ciepła drogą konwekcji, przy którym ciepło dochodzi do głębszych warstw materiału dzięki jego przewodnictwu cieplnemu, w przypadku nagrzewania promiennikowego absorbowane promieniowanie wnika w głąb materiału na pewną głębokość zależną od budowy suszonego materiału. Ciepło, konieczne do odparowania wilgoci, jest więc bezpośrednio dostarczane do głębszych warstw materiału przez tzw. termodyfuzję, a przewodnictwo cieplne odgrywa mniejszą rolę.

Zastosowanie nagrzewania promiennikowego pozwoli osiągnąć tym lepsze efekty im bardziej suszony materiał odpowiada następującym warunkom:

1. dobrej absorpcji promieniowania,
 2. odpowiedniej „przezroczystości” dla promieniowania.
- Ad. 1.) Miarą absorpcji promieniowania jest, przy wyklucze-

niu możliwości skrośnego przenikania, różnica między całkowitą mocą promieniowania padającą na powierzchnię materiału i mocą odbitą przez powierzchnię. Najczęściej wartości te podaje się w stosunkach procentowych. Wielkość absorpcji promieniowania zależy również od stanu powierzchni materiału. Np. powierzchnia porowata wykazuje większą zdolność absorpcji niż powierzchnia gładka bez por, lub z porami wypełnionymi — zwłaszcza taką substancją, która nie wykazuje dobrej absorpcji.

Znaczną rolę odgrywa również kolor powierzchni. Powierzchnie w kolorach ciemniejszych wykazują lepszą absorpcję niż w jaśniejszych, jak to wynika z poniższych współczynników absorpcji ustalonych dla warstwy błyszczącej emalii różnych kolorów:

szary	—	0,9	niebieski	—	0,6
zielony	—	0,8	biały	—	0,44
brązowy	—	0,7	srebrzysty (aluminowy)	—	0,3

Ad 2.) Jako „przezroczystość” materiału należy rozumieć zdolność przepuszczania promieniowania.

W przypadkach nagrzewania promiennikowego jest oczywiście mowa o przezroczystości dla określonego zakresu długości fali, a nie jak to się ogólnie rozumie — o przezroczystości dla promieniowania świetlnego. Np. woda, szkło itp. materiały przezroczyste dla promieniowania świetlnego są nieprzezroczyste dla promieniowania podczerwonego powyżej określonej długości fali. Omawiana przezroczystość materiału dla promieniowania pozwala na większe lub mniejsze jego wnikanie pod powierzchnię, a tym samym na doprowadzenie ciepła w głąb materiału. Przy wnikaniu promieniowania w głąb ilość pochłanianej mocy maleje w miarę drogi promieniowania w materiale tzn., że warstwy głębsze otrzymują mniej mocy niż bliższe powierzchni. W rezultacie, ponieważ powierzchnia, która pochłania najwięcej mocy promieniowania, jest ochładzana przez powietrze, jej temperatura jest niższa niż warstw głębszych.

Drewno odznacza się dość dobrymi własnościami w stosunku do promieniowania, co powoduje możliwość zastosowania nagrzewania promiennikowego do jego obróbki higrotermicznej. Jeśli chodzi o absorpcję promieniowania (w szczególności podczerwonego) własność tę można scharakteryzować następującą tabelą:

Tabela 1

Rodzaj drewna	Drewno powietrzno-suche 10—15% wilgotności		Drewno suche 0—2% wilgotności		Drewno wilgotne 30—40% wilgotności	
	podczerw.	świat.	podczerw.	świat.	podczerw.	świat.
Topola	30,5	56	38,5	68	19	69
Jesion	29	54	31,5	65	19	63
Dąb	28	47	28,5	57	18,5	60

Tabela 1 wykazuje w % ilość odbijanego promieniowania. Ponieważ przy pomiarach wykluczono skośne przenikanie, zatem pozostała ilość promieniowania (dopełnienie do 100%) ulega absorpcji.

Charakterystyczne jest zmniejszenie odbijania promieniowania ze wzrostem wilgotności drewna. Można to wyjaśnić ciemniejszym kolorem drewna wilgotnego oraz większym pochłanianiem promieniowania przez wodę niż przez powietrze.

Z kolei jeśli chodzi o przezroczystość drewna (częściową) ustalono, że własność ta jest różna dla różnych gatunków.

Badania wykazały poniższą głębokość wnikania promieniowania dla różnych gatunków drewna napromienianych w tych samych warunkach.

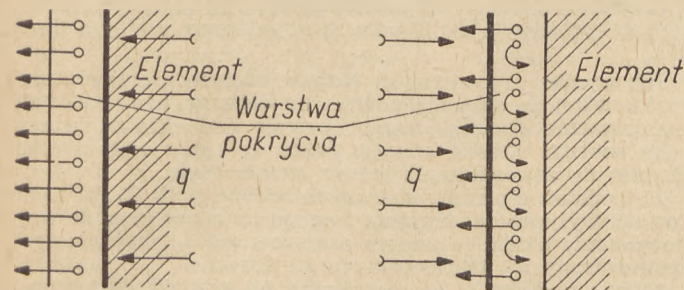
Tabela 2

Gatunek drewna	Głębokość wnikania promieniowania mm
1	2
Modrzew europejski (<i>Larix europea</i>)	5—7
Świerk (<i>Picea excelsa</i>)	6—7
Olcha (<i>Alnus glutinosa</i>)	6
Lipa (<i>Tilia sp.</i>)	5—6
Sosna (<i>Pinus silvestris</i>)	4—5
Topola (<i>Populus sp.</i>)	4
Klon (<i>Acer sp.</i>)	4
Grab (<i>Carpinus betulus</i>)	2—3
Buk (<i>Fagus silvatica</i>)	3
Dąb (<i>Quercus sp.</i>)	2
Sliwa (<i>Prunus domestica</i>)	1—2
Orzech (<i>Juglans regia</i>)	0,5

Z przytoczonych danych odnośnie absorpcji i przezroczystości drewna dla promieniowania można łatwo wyciągnąć wnioski o możliwości zastosowania metody nagrzewania promiennikowego do suszenia drewna.

Jeśli chodzi o zastosowanie omawianej metody do suszenia powierzchni bejcowanych, politurowanych lub lakierowanych to podobnie jak już powiedziano wyżej również i w tym przypadku dostarczanie ciepła odbywa się dogłębnie. Przebieg suszenia w związku ze specyficznym sposobem dostarczania ciepła przechodzi nieco inaczej niż przy suszeniu ciepłym powietrzem, a mianowicie suszenie rozpoczyna się jakby „od spodu” naniesionej warstwy, a kończy na powierzchni tj. przeciwnie niż przy suszeniu ciepłym powietrzem.

Różnice ilustruje zamieszczony rys., 2, obrazujący przebieg suszenia dla obydwu omawianych przypadków.



Rys. 2. Schemat suszenia powłok olejnych przy zastosowaniu nagrzewania promiennikowego (a) i ciepłym powietrzem (b)

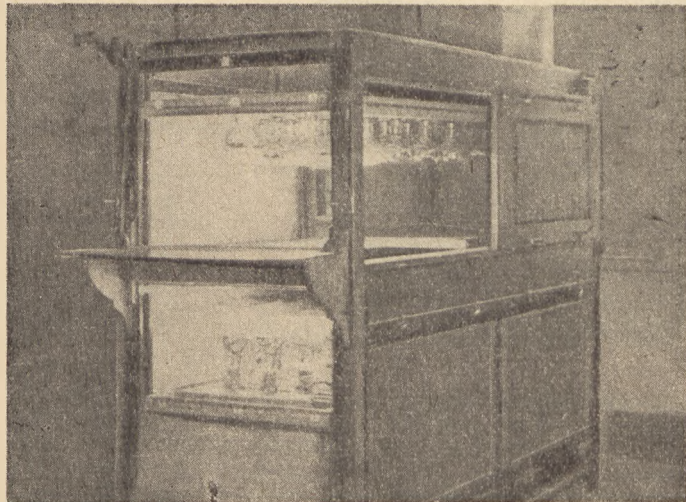
Po pierwszym etapie prac, polegających na rozpracowaniu teoretycznym, Centralne Laboratorium Przemysłu Drzewnego przystąpiło do przeprowadzania badań celem ustalenia parametrów metody promiennikowej oraz zakresu jej zastosowania.

Pierwszą czynnością drugiego etapu było skonstruowanie i zbudowanie suszarki promiennikowej (rys. 3).

Suszarka ta o gabarytowych wymiarach: 2000 × 500 × 1700 mm, wyposażona jest w 50 promienników o mocy po 250 W. Wymiary robocze suszarki wynoszą (tj. wymiary powierzchni napromienianej): długość 1700 mm, szerokość 400 mm. Promienniki w suszarce rozmieszczone są w dwóch ramach: dolnej i górnej, co pozwala stosować napromienianie obustronne. Ramy są tak skonstruowane, że pozwalają na przesuwanie

nie promienników w kierunku poziomym i pionowym. Suszarka jest ponadto wyposażona w transporter z siatki metalowej, napędzany silnikiem elektrycznym.

Ruchome zamocowanie promienników pozwala zarówno na zmianę konfiguracji ich rozstawienia (w „szachownicę” lub w „trójkąt” jak to ilustruje schemat na rys. 4) oraz na zmianę ich odległości od powierzchni wsadu.



Rys. 3. Suszarka promiennikowa zbudowana w CLPD

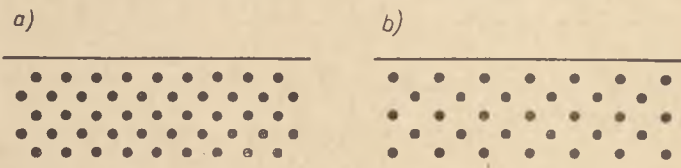
Do obliczania rozstawienia promienników służy następują-

cy wzór i schemat na rys. 5. $d = 2h \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}$

gdzie: d — odległość między osiami dwóch sąsiednich promienników w cm.

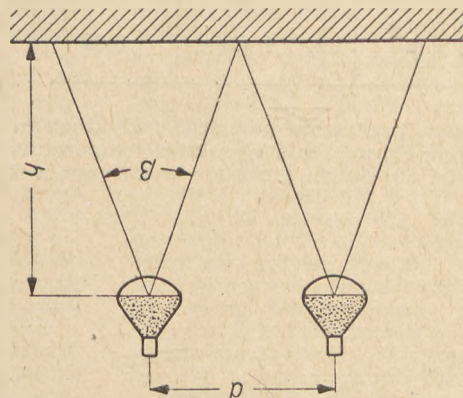
h — odległość promienników od powierzchni wsadu w cm.

β — kąt rozwarcia stożka rozsyłu promieniowania ($\beta = 30-40^\circ$).



Rys. 4. Schemat rozstawienia promienników a) w trójkąt, b) w szachownicę

Jako źródła promieniowania zastosowano elektr. lampowe promienniki produkowane w kraju (rys. 6),



Rys. 5. Schemat do obliczania rozstawienia promienników

W zbudowanej przez Centralne Laboratorium Przemysłu Drzewnego suszarce przeprowadzono próby:

- 1) suszenia oklein i łuszczyn oraz
- 2) suszenia powierzchni bejcowanych, politurowanych i lakierowanych na drewnie.



Rys. 6. Elektryczny
lampowy promiennik

Przeprowadzone próby wykazały zależność jakości suszenia i równomierności rozkładu temperatury na powierzchni suszonego materiału od odległości między wsadem a promiennikami.

Próby wykazały, że optymalna odległość wynosi:

- 1) przy suszeniu oklein i łuszczyn — 20 cm
- 2) przy suszeniu powierzchni bejcowanych — ca 10 cm
- 3) przy suszeniu powierzchni politurowanych i lakierowanych — 30—60 cm.

Tabela 3

Rodzaj drewna i asortyment	Skrócenie czasu suszenia w porównaniu do obecnych metod	Zużycie energii w kWh/m ² suszonej pow.	Koszt zużytej energii w gr/m ² suszonej powierzchni
1	2	3	4
okleina dąb grub. 0,8 mm	ok. 3,6 razy	0,46	8,8
łuszczyna brzoza grub. 1,3—2,2 mm	ok. 2,5—3,0	0,7 —1,08	14,7—22,7
łuszczyna buk grub. 1,2 mm	ok. 1,8 razy	1,01	21,2
łuszczyna olcha grub. 1,3—1,5 mm	ok. 2,5—2,6	0,63—0,75	13,2—17,8
łuszczyna topola grub. 3 mm	ok. 2,8 razy	1,25	26,2
łuszczyna sosna grub. 1,5 mm	ok. 2,1 razy	0,99	20,8

W ostatnim przypadku odległość podyktowana jest także koniecznością ograniczenia wysokości temperatury. Przedział odległości od 30—60 cm pozostaje w związku z różnymi ko-

lorami suszonych powierzchni i połączonej z tym różnej zdolności absorpcji promieniowania.

Wyniki prób suszenia oklein i łuszczyn podaje tabela 3.

Początkowa przeciętna wilgotność suszonej okleiny i łuszczyny wynosiła ca 45%. Końcowa wilgotność osiągnięta przy suszeniu wynosiła ca 8%.

Przy przeliczaniu kosztów energii przyjęto cenę 1 kWh = 21 gr.

Przeciętny czas suszenia okleiny dębowej i jesionowej wynosi ca 3 minuty. Suszenie łuszczyny trwało do 7 minut, przy czym czas suszenia wzrasta wraz z powiększeniem grubości suszonego arkusza. Metoda promiennikowa zastosowana do suszenia łuszczyn i oklein w poważnym stopniu przyspiesza suszenie, jednakże wymaga nakładów energii elektrycznej.

Próby zastosowania nagrzewania promiennikowego do suszenia powierzchni bejcowanych, politurowanych i lakierowanych dały następujące wyniki:

Tabela 4

Skrócenie czasu w porównaniu do obecnych metod	Zużycie energii w kWh/m ² powierzchni	Koszt zużytej energii w gr/m ² pow.
1	2	3
1. powierzchnie bejcowane ca 50—62 razy	ca 0,43—0,63	ca 9,0— 13,0
2. powierzchnie politurowane ca 28,2—45 razy	ca 4,36— 6,96	ca 91,0—146,0
3. Powierzchnie lakierowane (lakier nitrocelulozowy) ca 4,5—5,6 razy	ca 0,82— 1,15	ca 17,0— 24,0
Lakier spirytusowy ca 3,1—3,5 razy	ca 2,14— 3,00	ca 45,0— 63,0
Lakier olejny ca 17—21 razy	ca 8,32—11,22	ca 175,0—235,0

Czasy suszenia powierzchni bejcowanych osiągnięto do 4 min, powierzchni politurowanych do 50 min., powierzchni wykonanych lakierem nitrocelulozowym do 9 min., lakierem spirytusowym do 23 min. oraz lakierem olejnym do 92 min.

Jak wynika z powyższych danych, metoda promiennikowa zastosowana do suszenia powłok na drewnie pozwala osiągnąć poważne skrócenie czasu suszenia, jednakże pociąga za sobą znaczne zużycie energii elektr. co może wpływać hamująco na wprowadzenie jej na szerszą skalę.

Na podstawie przeprowadzonych badań i prób CLPD. opracowało wytyczne stosowania nagrzewania promiennikowego do suszenia oklein i łuszczyn oraz powierzchni bejcowanych, politurowanych i lakierowanych na drewnie.

Należy nadmienić, że stosowanie tej metody do suszenia powłok na drewnie, podwyższa ich jakość dając powłoki trwalsze, o lepszym połysku. Zastosowanie tej metody przez przemysł da poważne oszczędności czasu oraz pomieszczeń, szczególnie magazynów międzyoperacyjnych — co być może zrównoważy koszty energii elektrycznej.

Dodatnią stroną tej metody jest również niski koszt instalacji urządzeń promiennikowych i łatwa ich obsługa.