



TECNOLOGIA

ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO DEL SECADO AL VACIO (3)

REINHARD BRUNNER, INGENIERO DIPLOMADO, HANNOVER

Parte 3^a

Comparación de los costes del roble. Evolución del precio de las instalaciones. Conclusiones

En la 2ª parte de este artículo se explicó como se obtuvieron los costes de secado, para lo cual se tomaron como base los protocolos de 1.200 ciclos de secado. Se publicaron numerosos resultados de cálculo tomando como ejemplo el abeto y el haya, comparando los costes por el método convencional y al vacío. En esta tercera parte se expone la situación de coste que corresponde a la madera de roble europeo. Con algunas observaciones a la evolución de los precios de las instalaciones y con otras posibilidades de reducir los costes se cierra esta serie de artículos.

Aún hoy el secado de la madera es poco lucrativo para muchas empresas. Frecuentemente para ellas no es posible

alcanzar mejor calidad a un coste asumible, u obtener mayores ingresos por una mejor calidad, ya que o bien falta una prueba convincente o el comprador solo quiere buen precio. Queda por ver si estas dificultades no serán aún mayores cuando los certificados de calidad o sistemas de aseguramiento (ISO, especificaciones de EDG, normas) lleguen a ser realidad y base del comercio.

Además de la mejora de calidad de la madera, con el secado al vacío pueden llegarse a grandes ventajas por menor madera inmovilizada y principalmente por la disposición de rápido suministro de los pedidos y la mayor flexibilidad. Sin embargo estas ventajas no fueron consideradas en los cálculos comparativos que se han hecho entre el secado convencional y al vacío. Solamente se han comparado los costes fijos y variables de ambos métodos de secado cuando las instalaciones, capacidades y el tipo de

madera son similares.

Si ahora se considera la evolución de los precios de instalaciones High Vac de secado al vacío en atmósfera de vapor sobrecalentado (incluyendo ordenador, modem, variador de frecuencia y cuarto de control) en comparación con la evolución de los convencionales, sobre la base de los precios de mercado, se llega a las cifras siguientes:

y potencia calorífica) y reduciendo el esfuerzo en I+D. Esto finalmente redundará en desventajas para el usuario.

2.- Para los secaderos de vacío hay un gran potencial de disminución del precio de venta, que será posible con la fabricación en serie, como así lo fue para los secaderos convencionales en los años 1975 a 1990. Por lo tanto en los próximos años es de

Evolución de los precios de los secaderos (cifras en miles DM)

Año	Secado al vacío		Secado convencional	
	95 m ³	140 m ³	95 m ³	140 m ³
1992	510	840	110	115
1997	420	710	100	105
1999	290	335	100	105

Estas cifras ponen de manifiesto que:

1.- Los precios de los secaderos convencionales han llegado a la madurez. En lo sucesivo los fabricantes solo podrán sostener sus precios a base de debilitar las instalaciones (por ej. con paneles más delgados, o reduciendo ventiladores

esperar que los precios sigan bajando.

Si el secadero de vacío sigue satisfaciendo una demanda cada vez mayor, como es el pronóstico, entonces la relación de precios de las instalaciones (vacío frente a convencional) se reducirá a un valor entre 2 y 2,5 y esta es una consideración



TECNOLOGIA

real. Y en el caso de los secaderos pequeños, por ejemplo para madera de construcción, el factor estará entre 1,5 y 1,8. Se puede concluir que en el futuro habrá un proceso de concentración entre los fabricantes y que sólo pocas empresas podrán aplicar las inversiones necesarias para investigación, desarrollo y fabricación para llegar a esta relación precio/rendimiento favorable (Tabla 3).

Los costes de secado totales por m³ para el roble son muy superiores en el intervalo de humedad 80% - 8% respecto del intervalo

Tabla 3. Cálculo del nº de ciclos de secado al año para roble, considerando 320 días útiles (en el cálculo se ha tenido en cuenta 4 a 8 horas de duración de la carga/descarga)

		27 mm	52 mm	65 mm
Desde verde hasta H = 8%	Secado conv. High Vac	9,1 25,9 – 26,3	3,6 11,7 – 11,8	2,2 7,6
	Desde H = 40% hasta H = 8%	15,7 – 15,9 54,9 – 56,5	7,1 36,2 – 36,9	4,6 22,3 – 22,6

40% - 8%, es decir con un presecado previo al aire libre. Esto es así en especial para material grueso y secado en secaderos de pequeña capacidad. Pero aquí habría también que tener en cuenta el coste elevado del secado natural debido a daños en la madera, inmovilizado, necesidad

de espacio y de personal.

Gran rentabilidad con carga y descarga simultáneas

En la práctica, la carga y descarga con carretilla en el secado convencional dura de 4 a 8 horas, según el tamaño de la cámara. Tiempos similares son

necesarios en secaderos de vacío del mismo tamaño. Estos tiempos muertos han sido considerados en los cuadros de costes y del nº de ciclos de secado al año que figuran en las 3 partes de este artículo y perjudican los costes de inversión.

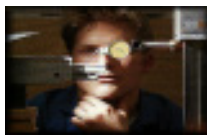
Si el secadero convencional está previsto para carga con carretilla

Tabla 6. Esquema de costes de secado de madera de roble utilizándose el secadero convencional y el de vacío (todos los costes en miles DM)

Azul: Secado convencional Secado intervalo (a): Desde verde hasta H = 8%
 Rojo: Secado al vacío Secado intervalo (b): Desde H = 40% hasta H = 8%

Volumen útil del secadero	31 m ²				94 m ²				140 m ²				280 m ²											
	18,0 m ³	19,5 m ³	20,0 m ³	51 m ³	54 m ³	56 m ³	76 m ³	81 m ³	84 m ³	152 m ³	162 m ³	168 m ³												
Volumen neto de madera canteada	18,0	19,5	20,0	51	54	56	76	81	84	152	162	168												
Grueso de la madera mm	52	65	90	52	65	90	52	65	90	52	65	90												
Grueso del rastrel mm	25	25	30	25	25	30	25	25	30	25	25	30												
1. Precio instalación en miles DM ¹	85	192	82	174	104	306	103	300	103	300	100	293	110	360	108	354	106	346	162	588	158	557	154	533
Volumen útil del secadero	31 m ²				94 m ²				140 m ²				280 m ²											
Volumen neto de madera canteada	18,0	19,5	20,0	51	54	56	76	81	84	152	162	168												
Grueso de la madera mm	52	65	90	52	65	90	52	65	90	52	65	90												
Grueso del rastrel mm	25	25	30	25	25	30	25	25	30	25	25	30												
1. Precio instalación en miles DM ¹	80	196	78	188	77	186	99	296	96	286	94	281	109	360	101	332	98	320	159	576	149	538	147	520
2. Transporte ²	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
3. Montaje, puesta en marcha	2	2	2	2	2	2	15	20	15	20	17	24	17	24	17	27	17	27	22	30	22	30	22	30
4. Instalac. calefacción, agua, eléctrica	8	10	8	10	8	10	12	15	12	15	12	15	13	16	13	16	13	16	17	20	17	20	17	20
5. Cimentaciones, asfaltado	5	5	5	5	5	5	20	15	20	15	20	15	25	18	25	18	25	18	35	25	35	25	35	25
6. Autorización, arquitecto	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0	5	0	6	0	6	0	6	0	8	0	8	0	8	0
7. Caldera	11	9	8	6	7	6	23	18	15	12	13	9	27	21	17	13	15	10	34	21	23	18	20	15
8. Inversión total en miles DM	111	228	106	217	104	215	179	370	168	354	164	346	202	445	184	412	179	397	281	679	260	638	255	617
9. Amortización, utilización 10 años	11,1	22,8	10,6	21,7	10,4	21,5	17,9	37,0	16,8	35,4	16,4	34,6	20,2	44,5	18,4	41,2	17,9	39,7	28,1	68,9	26,0	63,8	25,5	61,7
10. Intereses: 6% sobre (8)/2	3,3	6,8	3,2	6,5	3,1	6,5	5,4	11,1	5,0	10,6	4,9	10,4	6,1	13,4	5,5	12,4	5,4	11,9	8,4	20,4	7,8	19,1	7,7	18,5
11. Mantenimto., reparaciones, repuestos	2,0	3,0	2,0	3,0	2,0	3,0	2,0	4,0	2,0	4,0	2,0	4,0	3,0	5,0	3,0	5,0	3,0	5,0	4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0
12. Energía eléctrica 0,27 DM/kWh	12,2	21,9	10,8	19,2	9,4	18,4	20,8	46,0	18,9	37,4	17,6	27,9	25,0	45,1	23,2	39,1	21,1	36,2	45,6	89,2	39,1	79,3	37,8	72,6
12.1. Secado intervalo (a)	9,1	20,3	7,5	18,8	6,8	17,1	15,4	42,8	13,5	33,8	12,3	25,5	19,5	41,5	17,1	36,3	15,4	33,1	31,2	81,8	28,9	73,6	27,1	66,0
12.2. Secado intervalo (b)	3,1	1,6	3,3	0,4	1,6	3,2	0,4	1,6	5,4	3,6	5,4	1,6	5,4	3,6	5,4	1,6	5,4	3,6	24,4	8,0	10,4	1,1	1,1	1,1
13. Costes de energía calorífica ³	1,8	2,4	1,1	1,6	0,7	1,2	3,2	6,6	2,4	4,6	2,0	3,4	4,9	9,9	3,5	6,8	3,0	5,1	9,7	19,7	7,0	13,7	5,9	10,2
13.1. Secado intervalo (a) serrín	7,0	9,2	1,9	6,3	2,8	4,8	12,6	25,5	9,1	17,8	7,7	13,2	19,0	38,5	13,6	26,5	11,5	19,8	37,7	76,4	27,2	53,0	23,0	39,5
13.2. Secado intervalo (a) gasoil/gas	1,4	2,3	1,8	4,3	0,7	1,6	2,5	6,3	2,0	11,9	1,8	4,5	3,8	9,5	3,0	17,5	2,8	6,7	7,5	18,8	6,1	17,3	5,5	13,5
13.3. Secado intervalo (b) serrín	5,4	8,8	3,2	7,1	2,6	6,3	9,7	24,3	7,9	21,3	7,1	17,4	14,7	36,7	11,8	28,3	10,7	26,1	29,2	72,9	23,6	69,4	21,4	52,3
13.4. Secado intervalo (b) gasoil/gas	0,0	3,7	0,0	3,6	0,0	3,6	0,0	6,3	0,0	5,9	0,0	5,9	0,0	8,3	0,0	7,7	0,0	7,7	0,0	11,1	0,0	10,7	0,0	11,0
14. Costes del agua a 6 DM/m ³	5,0	16,7	2,5	11,4	1,7	7,7	12,9	42,7	6,6	29,8	4,4	19,6	18,7	61,9	9,4	42,6	6,4	28,1	35,4	117	17,9	81,4	12,2	53,8
15. Costes de personal/ otros costes ⁴																								
16. Coste total miles DM suma 9-15	35,4	77,3	30,2	67,0	27,3	61,9	62,2	154	51,7	128	47,3	106	77,9	188	63,0	155	56,8	134	131	332	102	274	93,1	234
16.1. Secado intervalo (a) serrín	40,6	84,1	31,0	71,7	29,4	65,5	71,6	173	58,4	141	53,0	116	92,0	217	73,1	175	65,3	148	159	389	122	313	110	263
16.2. Secado intervalo (a) gasoil/gas	31,9	75,6	27,6	69,3	24,7	61,0	56,1	150	45,9	131	41,8	105	71,3	184	56,4	163	50,9	132	115	324	91	272	82,0	231
16.3. Secado intervalo (b) serrín	82,1	29,0	72,1	26,6	65,7	63,3	168	51,8	141	47,1	117	82,2	211	65,2	174	58,8	152	136	378	108	324	98	269	
16.4. Secado intervalo (b) gasoil/gas	141	408	65	212	43	148	391	1131	185	601	119	410	592	1710	276	895	179	615	1174	3393	552	1790	357	1229
17. Producción anual m ³ intervalo (a)	246	875	128	665	90	441	682	2428	861	1883	250	1220	1031	3671	539	2806	375	1830	2047	7285	1077	5612	750	3659
17.1. Producción anual m ³ intervalo (b)																								
18. Costes totales DM/m ³	251	190	463	316	635	418	159	136	279	213	398	258	132	110	228	173	318	218	112	97,8	185	153	261	190
18.1. Secado intervalo (a) serrín	288	206	475	338	684	443	183	153	316	235	445	282	156	127	265	195	366	241	136	115	221	175	309	214
18.2. Secado intervalo (a) gasoil/gas	130	86,4	217	104	274	139	82,2	61,9	127	69,8	167	85,7	69,1	50,2	105	58	136	72,3	56	44,4	84,2	48,4	109	63
18.3. Secado intervalo (b) serrín	146	93,8	228	109	295	149	92,8	69,3	143	74,8	189	96,2	79,7	57,6	121	61,8	157	82,9	66,6	51,8	101	57,7	131	73,6
18.4. Secado intervalo (b) gasoil/gas																								

1. Precios medios de mercado de 1998, con ordenador, impresora, modem, variador de velocidad, cuarto de trabajo; secadero de vacío High Vac con equipamiento adicional como medidor de temperatura de la madera, regulación por zonas, control independiente de los ventiladores
 2. Distancia de transporte aprox. 500 km.
 3. Costes de combustible: gasoil de calefacción 40 DM/100 litros, serrín 30 DM/t.
 4. Para apilado, desapilado, clasificación, control, rastreos: 22 a 26 DM/m³, en función del trabajo de apilado y del volumen útil del secadero



TECNOLOGIA

esta interrupción no se puede evitar, pero en el secado al vacío el tiempo muerto se puede reducir a media hora con la carga y descarga simultáneas mediante vagonetas que atraviesan el secadero. Desde luego que el sistema podría también aplicarse al secado convencional. Debido al reducido tiempo muerto la cámara se enfría de manera insignificante, se ahorra energía calorífica y tiempo de calentamiento. Por otra parte, si el ciclo termina de noche o en el fin de semana y no puede tener lugar la descarga, entonces un buen software prolongará el acondicionamiento para obtener una mejora de la calidad.

Suponiendo que se dispone del espacio necesario para la carga y descarga a la vez (el aumento de espacio viene dado por la longitud de la cámara) toda empresa decidiría tener este sistema si esto no supusiera un desembolso adicional. Desgraciadamente hay costes de obra civil, vagonetas, cables para los testigos, puertas en el secadero. En el caso de ciclos cortos el sistema de carga y descarga simultáneas se justifica y es práctica muy usual.

Nota: Un sistema económico que permite economizar tiempos muertos consiste en disponer de un segundo juego de cables y hacer la preparación de las pilas junto al secadero y de esta

forma la carretilla sólo realizará el cambio de carga.

La siguiente comparación de datos es interesante:

a) Secado convencional sin carga y descarga simultáneas. Tiempo de secado 10 días más 1 día de carga = 11 días. Con 320 días útiles resultan 29 ciclos/año.

b) Secado al vacío sin carga y descarga simultáneas. Tiempo de secado 3 días más 1 día de carga = 4 días. Resultan 80 ciclos/año.

c) Secado al vacío con carga y descarga simultáneas. Carga y descarga 0,5 horas, el secadero permanece caliente: El tiempo total incluyendo carga y descarga es de 3 días. Resultan más de 100 ciclos/año

En el caso c) la carga y descarga simultáneas lleva consigo un aumento de producción del 25%. El lector puede calcular la disminución de coste con sus propios números a partir de este aumento de producción teniendo en cuenta que el volumen de inversión (línea 8 en los cuadros) aumenta del orden del 10%. La mejora del resultado justifica plenamente la instalación del sistema de carga y descarga simultánea siempre que haya espacio para ello.

Conclusiones

¿En qué casos habría que decidirse por el secado al vacío? La contestación a esta pregunta puede hacerse a partir de muchos ciclos de secado que se han llevado a cabo por los métodos convencional y al

vacío sobre madera de roble, haya y abeto. En los cálculos hay que tener en cuenta los precios de mercado de las respectivas instalaciones. Los secaderos de vacío se ofertan con especificaciones técnicas cada vez superiores y softwares mejorados. Llama la atención que los especialistas hasta ahora no hayan aceptado como posible el llegar a secaderos de vacío de gran volumen por las presiones elevadas de trabajo. Hoy son realidad secaderos de vacío de configuración cuadrangular y tamaños del orden del de los secaderos convencionales.

Se ha demostrado, que la posición "visionaria" publicada con ocasión de Ligna 1997 "Los días del secado convencional están contados – Vapor en lugar de aire" después de dos años es correcta para la mayor parte de las decisiones de compra de secaderos. El secadero de vacío con vapor sobrecalentado ha llegado a ser competitivo gracias a los mejores costes de fabricación que se han alcanzado y por lo tanto el sistema ha escapado del ámbito de los secaderos especiales. Como los hitos relevantes en el período de 1950 a 1990 (ventiladores axiales en lugar de radiales, cámaras totalmente de aluminio, secaderos de gran volumen con falso techo, ordenadores de secado, variación de velocidad), el sistema High Vac llega hoy al sector de secado de la madera aserrada como una técnica avanzada alemana, más que como

una tecnología altamente valiosa. Y se avanzará en el futuro con la investigación de proceso, las instalaciones y su producción. Los recursos para reducir los costes de fabricación aún no han sido agotados.

En el futuro no tendrá lugar el secado natural de madera verde gruesa de roble, haya y otras especies. La madera irá al secadero de gran volumen en la medida en que la capacidad disponible lo permita. Se evitará con ello gran cantidad de daños económicos y se mantendrá el color y calidad de la madera. Una mejora del rendimiento de la empresa es posible a partir del secado de la madera.

Bibliografía

1. R. Brunner: Holz Trocknung mit computergesteuerter Drehzahlregelung. Holz-Zentralblatt 1983, Nr. 53/54.
2. R. Brunner: Die Schnittholz Trocknung im Vakuum – eine echte Alternative bietet sich an. Holz-Zentralblatt 1991, Nr. 54 und 55/56.
3. R. Brunner: Holz Trocknung zukünftig im Vakuum – oder bleibt alles konventionell? Holz-Zentralblatt 1993, Nr. 58.
4. R. Brunner: Die Tage der konventionellen Schnittholz Trocknung sind gezählt – Dampf statt Luft Holz-Zentralblatt 1997, Nr. 52/53 und 55/56.