

Kombinationstrocknung zur energie- und zeit-effizienten sowie materialschonenden Trocknung von zementgebundenen Spanplatten

Combination drying for the energy and time-efficient as well as material-saving drying of cement-bonded particleboards

Projektleiter

Project leader:
Martin Direske

Fördermittelgeber

Co-funded by:
BMW i (INNO-KOM)

Projektpartner

Project partners:
EL-A Verfahrenstechnik GmbH,
Etex Germany Exteriors GmbH,
Schwörer Haus KG

AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Derzeit werden zementgebundene Spanplatten (CBPB) stapelförmig in Wärmekanälen mit verschiedenen Heizzonen im Durchlauf oder batchweise in Wärmekammern konvektiv getrocknet. Die Warmluft wird mittels aufwendiger Konstruktionen gezwungen, sich mehr oder weniger definiert an den Platten entlang zu bewegen. Dabei erreicht die Luft nicht alle Plattenteile gleichmäßig und es bleiben Feuchtenester, die sich bei der späteren Weiterverarbeitung negativ auswirken (Verwerfungen, Beulen). Zudem ist der Wirkungsgrad solcher Trockner sehr niedrig, da die Temperaturdifferenz gegenüber der Umgebungstemperatur gering ist; daher bedingt diese Art Trocknung einen hohen Produktionskostenanteil. Vom Zementstein ist bekannt, dass Temperaturen oberhalb von 50 °C zu Schädigungen führen und sich somit niedrigere Endfestigkeiten ergeben. Da die klassische CBPB-Trocknung oberhalb dieser Temperaturen stattfindet (ca. 90 °C), war zu prüfen, welchen Einfluss Trocknungsverfahren und -intensität auf die Werkstoffeigenschaften haben.

Ziel des Projekts war es, ein Trocknungsverfahren zu entwickeln, das die Trocknung von CBPB (1) auf eine definierte Zielfeuchte, (2) ohne Schädigung des Materialgefüges, (3) in möglichst kurzer Zeit und (4) Verringerung des Energieverbrauchs ermöglicht.

INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

Cement-bonded particleboards (CBPB) are currently dried convectively either stack-wise running through heat channels of various heating zones or batch-wise in heat chambers. By way of elaborate constructions, the hot air is forced to move along the boards in a more or less defined way. Thereby, the air does not reach all parts of the board evenly and moisture pockets remain, which have a negative effect during subsequent processing (warping, buckling). Moreover, the efficiency of such dryers is very low because the temperature difference compared to the ambient temperature is small; hence, this type of drying bears high production costs. Furthermore, it is known from hardened cement paste that temperatures above 50 °C lead to damage, resulting in lower final strengths. Since classic CBPB drying takes place above these temperatures (approx. 90 °C), the influence of the drying process and intensity on the material properties had to be examined.

The aim of the project was to develop a drying process which enabled the drying of CBPB (1) down to a certain target moisture, (2) without damaging the material composite, (3) within the shortest possible time and (4) by reducing the energy consumption.

VORGEHENSWEISE

Es wurden verschiedene Trocknungsverfahren an labortechnisch hergestellten CBPB erprobt. Neben der konventionellen Heißlufttrocknung kam v. a. die Strahlungstrocknung mittels Mikrowelle (MW) zum Einsatz. Darüber hinaus wurde die Kontakttrocknung sowie die Trocknung mittels Hochfrequenzstrahlung untersucht. Um die spezifischen Vor- und Nachteile im Sinne der Produktqualität und Prozesskosten auf geeignete Art und Weise zu nutzen bzw. zu überwinden, wurden Kombinationsverfahren zur Trocknung von CBPB entwickelt. Für die Versuche wurde ein umgebauter Labor-MW-Trockner mit einer MW-Leistung von 4 kW genutzt. Die Trocknungsverfahren wurden hinsichtlich ihrer Effizienz (Trocknungsrate), Qualität (Porosität, mechanisch-physikalische Werkstoffeigenschaften), Ökonomie (Energiekosten) und Umweltwirkung (Energieverbrauch, CO₂-Einsparung) analysiert.

ERGEBNISSE

Mit der Kombinationstrocknung aus Heißluft und MW von CBPB konnte die Zielfeuchte von 10 % (± 2 %) im Vergleich zur alleinigen Anwendung eines Trocknungsverfahrens in deutlich kürzerer Zeit erreicht werden (Abb. 1). Durch die Kombination aus Frischluft-Abluft-Trocknung bei 80 °C und der getakteten MW-Strahlung bis 80 °C in Platten-

APPROACH

Several drying methods were tested on CBPB manufactured on a laboratory scale. In addition to conventional hot-air drying, radiation drying by using a microwave (MW) was also applied. Furthermore, contact drying as well as drying using high-frequency radiation were investigated. In order to be able to appropriately use or even overcome the specific pros and cons with respect to product quality and process costs, combination methods for drying CBPB were developed. A converted laboratory MW dryer of a capacity of 4 kW was used for the tests. The drying methods were analysed regarding their efficiency (drying rate), quality (porosity, mechanical-physical material properties), economics (energy costs) and environmental impact (energy consumption, CO₂ savings).

RESULTS

With the drying of CBPB combining hot air and MW of CBPB, the target moisture of 10 % (± 2 %) could be achieved within clearly shorter time as compared to the sole use of only one method (Fig. 1). By combining supply-air/exhaust-air drying at 80 °C with pulsed MW radiation up to 80 °C at the core of the board, the drying rate could be more than doubled at industrially common 90 °C in contrast to hot-air drying. By extending the MW cycles, the target temperature at

mitte konnte die Trocknungsrate gegenüber der Heißlufttrocknung bei industrietypischen 90 °C mehr als verdoppelt werden. Durch Verlängerung der MW-Zyklen wurde die Zieltemperatur in Plattenmitte um 20 Kelvin erhöht, was sogar zu einer Verkürzung der Trocknungszeit um das 6fache führte. Im Vergleich zur Heißlufttrocknung bei ähnlicher Plattenmittentemperatur (110 °C) wird die Trocknungszeit mit der Kombinations-trocknung immerhin noch um das 3fache verkürzt.

Der Energieverbrauch verkürzt sich nicht linear mit der Trocknungszeit. Das liegt vor allem am hohen Energiebedarf zur Erzeugung der Heißluft. Bei der MW-Trocknung liegt der Energieverbrauch im Vgl. zur Heißluft- bzw. Kombinationstrocknung um das 4- bzw. 2fache niedriger. Während bei der Kombinationstrocknung zwei Energieverbraucher für die Trocknung der CBPB bzw. Aufheizung der Trockenkammer sorgen, wird bei der MW-Trocknung lediglich der Energieverbrauch des getakteten MW-Betriebs bilanziert. Die geringen Energiekosten für thermische Energie im Vergleich zu elektrischer verringern den positiven Effekt des geringen Energieverbrauchs der MW-Trocknung, so dass kostenmäßig kaum Unterschiede zwischen den Trocknungsverfahren bestehen.

Die Nutzung der Strahlungstrocknung birgt ein enormes volkswirtschaftliches Potential durch die Verminderung von Treibhausgas-(THG-) Emissionen. Beim aktuellen Strom-Mix liegt die CO₂-Emission mit 366 g/kWh zwar über der von Erdgas mit 228 g/kWh. Aufgrund des bedeutend geringeren elektrischen Energiebedarfs beim Einsatz von MW-Trocknern kann das 2,5fache an THG-Emissionen gegenüber der Heißlufttrocknung eingespart werden. In Zukunft wird sich,

the core of the board was raised by 20 Kelvin, which even resulted in reducing the drying time sixfold. In comparison with hot-air drying at a similar temperature in the core of the board (110 °C), the drying time using combination drying is still reduced by a handsome threefold.

Energy consumption does not decrease linearly with drying time. This is mainly due to the high energy consumption for generating the hot air. In MW drying, the energy consumption compared with hot-air or combination drying is four times or two times, respectively, lower. While, in combination drying, two energy consumers are required for the drying of the CBPB and heating up the drying chamber, it is merely the energy consumption of the pulsed MW in MW drying that accounts for the energy balance. The low energy costs for thermal energy compared with electrical power reduce the positive effect of the energy consumption in MW drying, so that there is hardly a difference in costs between the drying methods.

The use of radiation drying has enormous economic potential through the reduction of greenhouse gas (GHG) emissions. With the current electricity mix, the CO₂ emission of 366 g/kWh is higher than that of natural gas with 228 g/kWh. Due to the significantly lower electrical energy demand when using MW dryers, 2.5 times the GHG emissions can be saved compared to hot-air drying. In the future, this potential will increase due to the increase in the share of renewable energies in the electricity mix.

As the porosity of CBPB does not significantly differ between the selected drying conditions, there were not any significant differences in the mechanical-physical properties depending on the drying methods and dry-

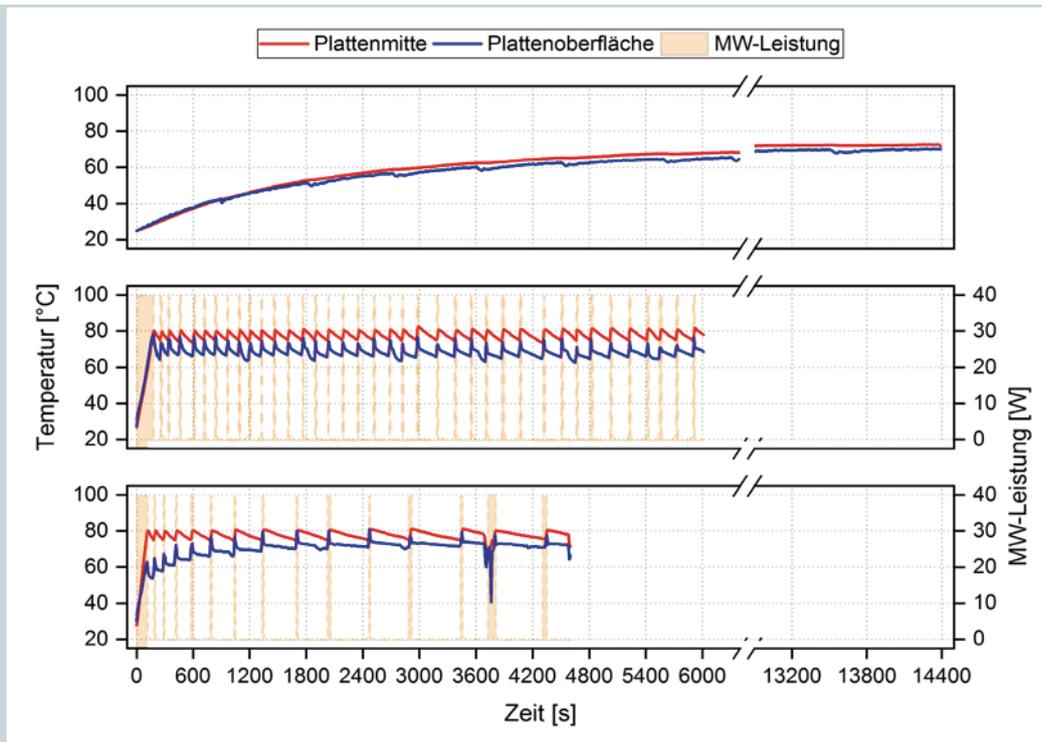


Abb. 1: Vergleich des Temperaturverlaufs in der Plattenmitte und der Plattenoberfläche bei der reinen Heißluft- (80 °C) (*oben*) und MW-Trocknung (80 °C) (*Mitte*) sowie der Kombinationstrocknung aus Heißluft- (80 °C) und MW-Trocknung (80 °C) (*unten*)

Fig. 1: Comparison of the course of temperature at the core and surface of CBPB in sole hot-air (80 °C) (*top*) and sole MW drying (80 °C) (*middle*) as well as drying combining hot air (80 °C) and MW drying (80 °C) (*bottom*)

durch die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Strom-Mix, dieses Potential noch vergrößern.

Da sich die Porosität der CBPB unter den gewählten Trocknungsbedingungen nicht signifikant unterscheidet, zeigten sich auch bei den mechanisch-physikalischen Eigenschaften keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von Trocknungsverfahren und Trocknungsintensität. Es ist demnach möglich, CBPB unter Aufrechterhaltung der Qualitätsstandards auch mit deutlich höherer Trocknungsintensität (als es aktuell industrielle Praxis ist) zu trocknen.

ing intensity either. Accordingly, it is possible to dry CBPB by keeping the quality standards with clearly higher drying intensity, too, than is currently the case in the industry.