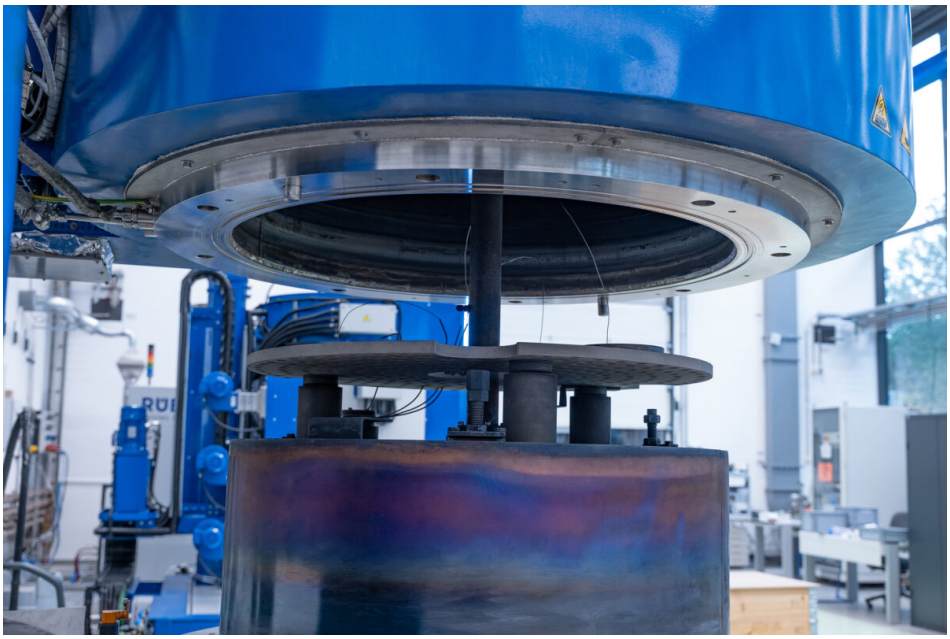
Forschungsprojekt optimiert Wärmebehandlung und Qualitätssicherung

Artikel vom **6. November 2026**
zerstörungsfreie Bauteilprüfung

Das Fraunhofer IST koordiniert das Forschungsprojekt »CyPro«. Es untersucht, wie thermische und thermochemische Behandlungsprozesse energieeffizienter laufen können, ohne die Bauteilqualität zu beeinträchtigen.



Blick in die geöffnete Duplex-Behandlungsanlage am Fraunhofer IST. (Bild: Fraunhofer IST)

Thermische und thermochemische Randschichtbehandlungen sind in der industriellen Fertigung weit verbreitet. Sie machen Werkzeuge und Bauteile härter, verschleiß- und ermüdungsfester und können die Korrosionsbeständigkeit verbessern. Gleichzeitig benötigen diese Prozesse viel Energie. Das neue Verbundprojekt »CyPro – Cyber-

physische Produktionssysteme zur Energieeffizienzsteigerung und Qualitätssicherung von thermischen und thermochemischen Behandlungsprozessen« untersucht, wie sich der Energieverbrauch senken lässt, ohne die geforderte Bauteilqualität zu gefährden. Im Mittelpunkt steht ein cyber-physisches Produktionssystem, das Prozess-, Energie-, Sensor- und Produktionsdaten kontinuierlich erfassen und miteinander verknüpfen soll. Ergänzend ist der Einsatz optischer Emissionsspektroskopie vorgesehen, um den Zustand des Plasmas in Echtzeit zu überwachen. Auf Basis der Daten sollen erklärbare KI-Modelle entstehen, die Zusammenhänge zwischen Prozessparametern, Energiebedarf und Qualitätsmerkmalen abbilden. Dabei sollen unter anderem die Nitrierhärtetiefe, die Ausbildung der Verbindungsschicht und die Korrosionsbeständigkeit behandelter Bauteile berücksichtigt werden. Anders als reine datengetriebene »Black-Box«-Ansätze soll der Ansatz nachvollziehbar machen, wie sich Änderungen in der Prozessführung auf Energieverbrauch und Bauteileigenschaften auswirken.
Datenmodelle, Simulationen und Echtzeitinformationen Die datenbasierten Modelle sollen durch physikalisch basierte Modellierungen ergänzt werden. Dazu zählen thermodynamische und CFD-gestützte Simulationen, mit denen sich Wärmeflüsse, Phasenübergänge und Abwärmepotenziale in der Anlage und ihrer Peripherie untersuchen lassen. Energieverluste sollen so sowohl datenbasiert als auch physikalisch fundiert bewertet werden. Perspektivisch ist zudem ein Planungswerkzeug auf Basis des bestärkenden Lernens vorgesehen. Es soll nicht nur einzelne Prozessparameter berücksichtigen, sondern auch Auftragsreihenfolgen, Anlagenbelegung, Durchlaufzeiten und Lastspitzen. Die gewonnenen Informationen sollen in Echtzeit in einem Dashboard bereitgestellt werden, um prädiktive Handlungsempfehlungen für den Anlagenbetrieb zu ermöglichen. **Plasmanitrieren als Demonstrator** Die Methoden werden zunächst am Beispiel des Plasmanitrierens entwickelt und erprobt. Als industrieller Demonstrator dient eine Plasmanitrieranlage, an der Messkampagnen mit definierten Referenzchargen geplant sind. Dabei sollen Prozess-, Energie- und Qualitätsdaten erfasst und ausgewertet werden. Die behandelten Bauteile werden hinsichtlich relevanter Randschicht- und Gebrauchseigenschaften charakterisiert. Auf dieser Grundlage sollen Sensorik, Datenmodelle und weitere Komponenten des geplanten Systems schrittweise integriert und unter realitätsnahen Produktionsbedingungen validiert werden.
Einsparpotenziale und Übertragbarkeit Eine erste Potenzialabschätzung für die Plasmanitrieranlage nennt eine mögliche Einsparung von rund 24 MWh Energie pro Jahr. Davon entfallen rund 17 MWh auf die Rückgewinnung und Nutzung von Abwärme sowie weitere 7 MWh auf eine optimierte Prozessführung. Im Projekt soll untersucht werden, wie sich diese Potenziale technisch erschließen und in realitätsnahen Produktionsumgebungen nutzen lassen. Für Produktionsbetriebe und Lohnbehandler könnten sich daraus geringere Strom- und Betriebskosten, reduzierte Lastspitzen und ein geringerer CO?-Ausstoß ergeben. Zugleich soll eine präzisere Überwachung und Steuerung dazu beitragen, Qualitätsabweichungen und aufwendige Nacharbeit zu vermeiden. Im weiteren Verlauf ist geplant, die beim Plasmanitrieren gewonnenen Erkenntnisse auf weitere thermische und thermochemische Verfahren zu übertragen, insbesondere auf PACVD-Beschichtungen und Gasnitrieren. Außerdem soll geprüft werden, inwieweit sich die Methodik für andere industrielle Ofensysteme eignet, bei denen hohe Temperaturen, lange Prozesszeiten und relevante Abwärmeströme auftreten. Langfristig könnte der Ansatz auch eine anlagenübergreifende Produktionsplanung unterstützen, bei der mehrere Wärmebehandlungsanlagen energieoptimiert, lastflexibel und möglichst netzdienlich betrieben werden.

Hersteller aus dieser Kategorie

© 2025 Kuhn Fachverlag