

Plasma4Heat

Plasma technologies for electrification of industrial high temperature processes

Programm / Ausschreibung	Klimaneutrale Industrie, KLIEN: CETP 2025	Status	laufend
Projektstart	01.12.2026	Projektende	30.11.2029
Zeitraum	2026 - 2029	Projektlaufzeit	36 Monate
Barwert der Projektförderung	€ 470.262		
Keywords	Plasma torch; High temperature process; CO2 reduction in glass industry; Non-transferred arc plasma; Microwave-based plasma		

Projektbeschreibung

Für die Dekarbonisierung industrieller Thermo-Prozesse im Sinne des europäischen Green Deals muss die Nutzung fossiler Energieträger in Form von Erdgas etc. reduziert werden. Zwei Wege dies zu bewerkstelligen ist die Substitution mit klimaneutral gewonnenem Wasserstoff oder die Elektrifizierung von Thermo-Prozessen. Während die Anwendung von Wasserstoff eine aufwendige Gewinnung voraussetzt (z.B. Elektrolyse), kann im Zuge der Elektrifizierung klimaneutral gewonnene elektrische Energie direkt in Prozessen genutzt werden. Somit entfallen energetisch relevante Zwischenschritte auf dem Weg von der Energiequelle (z.B. Windrad) zum eigentlichen Prozess, wodurch eine effizientere Nutzung der Energie möglich ist. Die Elektrifizierung in der Thermoprozesstechnik beschränkt sich bei aktuellen Großanlagen im Dauerbetrieb noch auf ein moderates Temperaturniveau. Im Hochtemperaturbereich über 1.000°C, wie sie beispielsweise in der Glas-, Stahl- oder Zementindustrie auftreten, spielen aktuell verwendete Widerstandsheizelemente in der Ofenatmosphäre aufgrund der zu geringen spezifischen Wärmeleistung und Beständigkeit kaum eine Rolle.

Im vorliegenden Projekt soll die Lücke der Elektrifizierung im Hochtemperaturbereich durch die Entwicklung von Plasma-Brennern geschlossen werden. Unter Plasma-Brennern versteht man ein System bei dem ein Trägergas innerhalb des Brenners durch Energiezufuhr in Plasmaumgewandelt wird. Das hochenergetische Plasma verlässt den Brenner und liefert die benötigte Energiedichte auch bei hohen Temperaturen. Das Projekt verfolgt bei der Ausführung 2 Technologien: (i) Mikrowellen-induziertes Plasma und (ii) Lichtbogen-induziertes Plasma.

Im Projekt werden zu Beginn beide Technologien im Labormaßstab mit einer Leistungsklasse bis 10 kW untersucht. Dabei sollen vor allem die Geschwindigkeits- und Temperaturprofile der Plasma-Fackeln genau bestimmt werden. Gleichzeitig gilt es möglichst homogene Profile für einen weiten Regelbereich der elektrischen Leistung zu gewährleisten. Des Weiteren werden auch andere Aspekte, wie z.B. Emissionen, unterschiedliche Plasma-Gase, Betriebssicherheit, Wartung, sowie Skalierbarkeit, betrachtet, und zwischen beiden Technologien verglichen. Parallel zu den Laboruntersuchungen sollen für beide Plasma-Technologien numerische Modelle entwickelt und validiert werden. Mithilfe dieser Modelle wird ein up-scaling

der Labor-Brenner bis zu einer Leistungsklasse zwischen 50 und 100 kW durchgeführt. Diese Brenner werden dann im semi-industriellen Maßstab in einer Brennkammer getestet. Neben den Temperaturprofilen werden auch die Wärmeströme auf eine Prozessgut (z.B. Glas oder Stahl) aufgezeichnet. Die Brennkammer-Daten werden anschließend für die finale Validierung des Simulationsmodells genutzt. Im letzten Schritt werden Plasma-Brenner angewendet um eine teilweise Adaptierung einer Glasproduktionslinie mit Plasma-Brennern durchzuführen. Auf Basis der Ergebnisse sollen die Effekte der Plasma-Technologie mit dem aktuellen Betriebsmodus der Produktionslinie verglichen werden und Aussagen über das Effizienzsteigerungs- sowie CO₂-Einsparungspotential der Plasma-Brenner gewonnen werden.

Somit wird das Projekt direkt die Herausforderung von „CM2025-08 Integrated industrial energy systems“ adressieren, indem eine Technologie entwickelt wird, die die verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen aus Thermoprozessen durch Elektrifizierung auf Null reduziert und eine noch nie dagewesene Prozesseffizienz ermöglicht.

Abstract

In order to decarbonize industrial thermal processes in line with the European Green Deal, the use of fossil fuels in the form of natural gas etc. must be reduced. Two ways of achieving this are substitution with climate-neutral hydrogen or the electrification of thermal processes. While the use of hydrogen requires complex production (e.g., electrolysis), climate-neutrally produced electrical energy can be used directly in processes in the course of electrification. This eliminates energy-relevant intermediate steps on the way from the energy source (e.g., wind turbine) to the actual process, enabling more efficient use of the energy. Electrification in thermal process technology is still limited to a moderate temperature level in current large-scale plants in continuous operation. In the high temperature range above 1,000°C, such as in the glass, steel or cement industry, resistance heating elements currently used in the furnace atmosphere hardly play a role due to their low specific heat flux and resistance against the harsh environment.

This project aims to close the electrification gap in the high temperature range by developing plasma burners or torches. Plasma torches are a system in which a carrier gas is converted into plasma within the torch by supplying energy. The high energy plasma leaves the burner and delivers the required energy density even at high temperatures. The project is pursuing 2 technologies in the design: (i) microwave-induced plasma and (ii) electric arc-induced plasma.

In the project, both technologies are initially being investigated on a laboratory scale with a power level of up to 10 kW. The main aim is to precisely determine the velocity and temperature profiles of the plasma torches. At the same time, the aim is to ensure that the profiles are as homogeneous as possible for a wide range of electrical power. Furthermore, other aspects such as emissions, different plasma gases, operational safety, maintenance and scalability will also be considered and compared between the two technologies. In parallel to the laboratory tests, numerical models will be developed and validated for both plasma technologies. With the help of these models, an up-scaling of the laboratory burners up to a power level between 50 and 100 kW will be carried out. These burners will then be tested on a semi-industrial scale in a combustion chamber. In addition to the temperature profiles, the heat fluxes to processed material (e.g., glass or steel) are also observed. The combustion chamber data is then used for the final validation of the simulation model. In the final step, the plasma torches are used for a partial adaptation of a glass production line with plasma burners/torches. Based on the results, the effects of the plasma technology will be compared with the current operating mode of the production line and conclusions will be made about the potential for increasing efficiency and reducing CO₂ emissions due to the plasma torches.

Thus, the project will directly address the challenge of “CM2025-08 Integrated industrial energy systems” by developing a technology that reduces combustion-related CO₂ emissions from thermal processes to zero through electrification, and enables unprecedented process efficiency.

Projektpartner

- Technische Universität Graz, Institut für Wärmetechnik (IWT)