

Bild 1. Verschiedene Reinigungseffekte können durch gezielte Steuerung der Ultraschallwandler genutzt werden. Bild: Hema

Kamerasystem nutzt Ultraschall-Oberflächen-Reinigungstechnologie

Durchgehend klare Sicht in CNC-Maschinen

Die Ultraschall-Oberflächenreinigung bietet ein neues Verfahren, das zur Entfernung von Flüssigkeiten und anderen Substanzen einschließlich Eis auf Oberflächen genutzt werden kann. Anwendungsmöglichkeiten der „EchoVista“-Technologie liegen im Maschinenbau, zum Beispiel der Werkzeugmaschinenindustrie, oder auch bei Outdoor-Sicherheitskameras.

TEXT: Lars Najorka

Die Firma EchoVista ist eine Tochter von Hema Maschinen- und Apparateschutz aus Seligenstadt, einem Spezialisten mit über 40 Jahren Erfahrung im Maschinenschutz und einem Schwerpunkt auf der Werkzeugmaschinenindustrie. EchoVista stellt als erste Anwendung ihrer neu entwickelten Technologie ein Überwachungs-Kamerasystem für den Innenbereich von CNC-Maschinen vor. Die Glasabdeckung des Linsensystems wird dabei durch Ultraschallwellen von Flüssigkeitstropfen und Schmutzanhaftungen befreit. Die Leistung wird anwendungsspezifisch gesteuert, Bild 1. Es können sogar gekrümmte Oberflächen mit minimalem Flüssigkeitsverbrauch gereinigt werden. Da das EchoVista-System

keine mechanisch beweglichen Teile enthält, ist es praktisch wartungsfrei, bei niedrigen Kosten und geringem Aufwand. Das gesamte System ist zudem gegen Vandalismus geschützt.

Ultraschallenergie wirtschaftlich genutzt

Über einen Wandler werden Ultraschallwellen erzeugt und parallel zur Oberfläche durch die Glasabdeckung geschickt. Treffen sie auf einen anhaftenden Flüssigkeitstropfen, wandert ein Teil der Ultraschallenergie in Ausbreitungsrichtung in den Flüssigkeitstropfen und erzeugt in ihm eine Zirkulationsströmung, die den Tropfen in Bewegung setzt und zum Rand der Oberfläche treibt, Bild 2. Bei entsprechendem Energieeintrag kann

die Flüssigkeit auch durch Kavitation innerhalb des Tropfens verdampft werden – der „Micro-Jet“-Effekt.

Die bei der Kavitation im Tropfen entstehenden Gasblasen haben ein viel höheres Volumen als die Flüssigkeit, aus der sie entstanden sind, und verdrängen diese, Bild 3 und Bild 4. Steigt der statische Druck in der Umgebung wieder an, kondensiert das Gas als Flüssigkeit am Rand der Blase und die Flüssigkeit muss in den frei werdenden Raum zurückströmen. Die Folge ist eine Implosion der Gasblase, bei der hohe Druckstöße entstehen, die für den Reinigungseffekt verantwortlich sind, Bild 5. Ein großer Vorteil des Verfahrens ist, dass Oberflächenbeschichtungen im Gegensatz zu mechanischen oder chemischen Reinigungsverfahren nicht beein-

trächtigt werden und auch keine Schlieren oder Kratzer entstehen können.

Interdisziplinärer Entwicklungsansatz

Möglich wurde die Entwicklung durch die enge Zusammenarbeit eines interdisziplinären Expertenteams, das Fragen der Fluidmechanik, Elektronik, Ultraschallakustik und der Werkstoffwissenschaften zu bearbeiten hatte, **Bild 6**. Es entwickelte piezoelektrische Ultraschallwandler, die auf glatte Oberflächen wie Glas oder Metall geklebt werden können. Mit zugehöriger Leistungselektronik, die den Wandler mit Hochfrequenz anregt, wird die gewünschte Ultraschallenergie in das Material geschickt.

Für eine optimale Leistungsübertragung zwischen Verstärker und Ultraschallwandler muss die Ausgangsimpedanz des Verstärkers an den Ultraschallwandler angepasst werden. Der eigens entwickelte modulare Hochleistungs-Hochfrequenzverstärker beherrscht das sequenzielle Ein- und Ausschalten, die Phasenmodulation und die Frequenzmodulation. Durch die Verwendung mehrerer einzeln gesteuerter Ultraschallwandler können Interferenzmuster erzeugt werden, die den effizienten Antrieb von Flüssigkeitströpfchen in jede Richtung oder die Kaltverdampfung der Flüssigkeit durch Kavitation erlauben. Weitere mögliche Effekte sind die Reinigung von Oberflächen von Schmutz und Flüssigkeiten mittels Ultraschall sowie das Schmelzen von Eis.

Grundlagenforschung zur Ultraschallausbreitung

Für die Entwicklung des EchoVista wurden zunächst die physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Ultraschallausbreitung in verschiedenen Trägermaterialien untersucht. Auf Basis der physikalischen Eigenschaften des Trägers folgten die Materialauswahl und das Wandler-Design. Nach der Entwicklung der geeigneten Verbindungstechnologie konnten die Integration der benötigten elektronischen Komponenten und der Einfluss der Ultraschallwellen auf Flüssigkeiten auf der Substratoberfläche untersucht werden. Hierzu wurde in einem Labor-Versuchsaufbau ein Regenfall auf verschiedene Scheibenmaterialien in Anstellwinkeln von 0° bis 45° simuliert und ausgewertet.

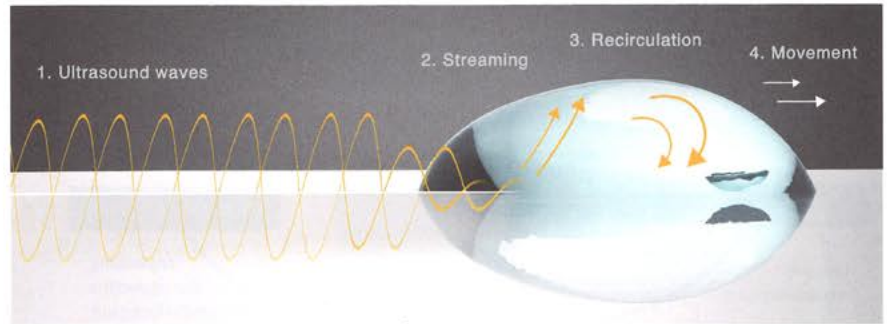


Bild 2. Ultraschallwellen werden parallel zur Oberfläche durch die Glasabdeckung geschickt. Treffen sie auf einen anhaftenden Flüssigkeitstropfen, wandert ein Teil der Ultraschallenergie in Ausbreitungsrichtung in den Flüssigkeitstropfen und erzeugt eine Zirkulationsströmung. *Bild: Hema*

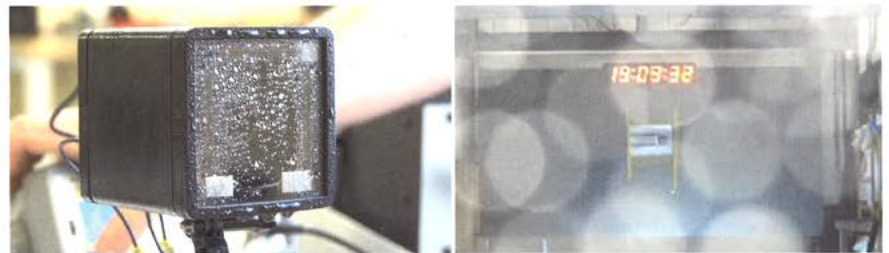


Bild 3. Die benetzte Kamera vor der Aktivierung der Ultraschallwandler. Aus Kameraperspektive zeigt sich die schlechte Sicht. *Bild: Hema*

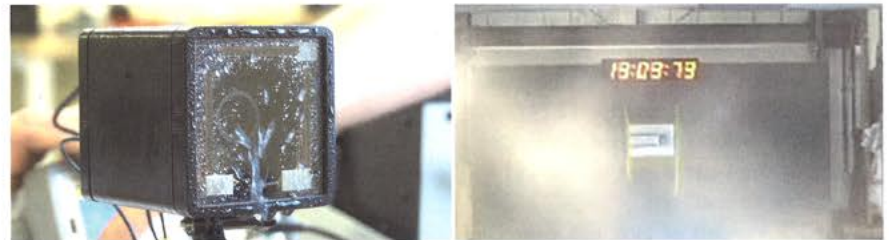


Bild 4. Während der Ultraschallreinigung setzt sich die Flüssigkeit schnell in Bewegung. *Bild: Hema*



Bild 5. Die Kameraoptik wurde binnen Sekunden gereinigt und von Flüssigkeitstropfen befreit. *Bild: Hema*

PIEZOEFFEKT

Bei einem piezoelektrischen Kristall führt eine elastische Verformung in bestimmten kristallografischen Richtungen zu unterschiedlichen Verlagerungen der positiven und negativen Ionen und erzeugt an der Kristalloberfläche entsprechende elektrische Ladungen. Umgekehrt ändert ein Piezokristall seine Abmessungen im Rhythmus einer von außen angelegten elektrischen Wechselspannung. Auf diese Weise lassen sich mechanische Wirkungen in elektrische umwandeln und umgekehrt. Unter Ausnutzung des Piezoeffekts entwickelte das EchoVista-Team die wirkungsvollen Ultraschallwandler.

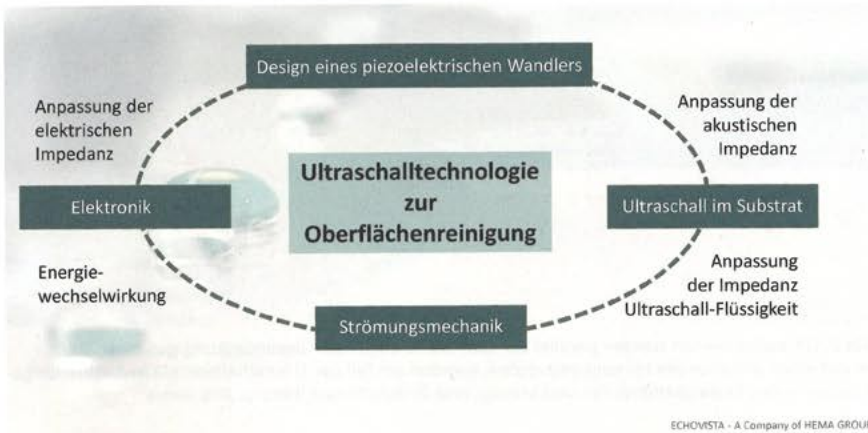


Bild 6. Für die Entwicklung der EchoVista-Technologie mussten durch das Expertenteam komplexe interdisziplinäre Fragestellungen bearbeitet werden. *Bild: Hema*



Bild 7. Das seit 2020 serienreife Modell „V1“ der Kamera kann unter widrigen Bedingungen zur visuellen Prozessüberwachung in Werkzeugmaschinen eingesetzt werden. *Bild: Hema*

Über mehrere Optimierungsschleifen hinsichtlich Materialauswahl und Systemdesign kam das Forschungsteam um Dr. Mincheol Shin zu den ersten funktionierenden Prototypen. Mithilfe der schrittweisen Optimierung des Ultraschallreinigungssystems konnten im Projektzeitraum von 2016 bis 2019 signifikante Fortschritte erzielt werden. So sank die maximale durchschnittliche Leistungsaufnahme von anfangs knapp 150 W auf unter 30 W und das Volumen des elektronischen Systems nahm von 0,6 m³ auf ein „handliches Format“ ab.

Ähnlich verhielt es sich mit dem Gewicht. Die heutige Hema-Kamera ist ein Kameramodul mit einer Abdeckscheibe aus 90 mm x 90 mm x 2 mm „Goril-

la“-Glas, das von vier Ultraschallwandlern sauber und tropfenfrei gehalten wird.

Entwicklung geht weiter

Steuerungsoptionen für das Auslösen des Reinigungsprozesses sind manuelles Auslösen, die Steuerung über ein Zeitintervall oder durch automatische Erkennung über eine Software als Selbstreinigungsfunktion. Letztere konnte bereits erfolgreich implementiert werden. Bei der Entwicklung der Kamera-Hardware, **Bild 7**, stand zunächst die Verkleinerung und Modularisierung der Elektronik im Fokus. Als Grundvoraussetzung für einen langfristigen störungsfreien Betrieb wurde außerdem ein Verfahren zur dauerhaften Beschichtung des Glases für den Kontakt

mit Wasser und Kühlschmierstoffen geschaffen. Weiterhin wurde an Optionen für IP (Internet Protocol)-, Zoom- und Schwenkkameras gearbeitet – mit Option auf PoE (Power over Ethernet). Ziel ist, die neue Reinigungstechnologie auf andere Anwendungsbereiche und Branchen zu übertragen. Im nächsten Schritt wird das Kamerasystem weiterentwickelt. ■

www.echovista.de, www.hema-group.com



Lars Najorka ist Entwicklungsleiter Sichtsysteme bei Hema in Seligenstadt. *Bild: Hema*