

Synova célèbre ses 25 ans de développement

Il y a 25 ans, Bernold Richerzhagen, le fondateur de Synova, a réalisé sa vision de combiner la lumière et l'eau pour développer une méthode hybride d'usinage au laser supérieure aux technologies existantes.

Source : Synova SA

Commercialisée sous le nom de Laser MicroJet, cette technique combine un laser avec un jet d'eau très fin qui guide le faisceau par réflexion interne totale. Comme le jet d'eau refroidit la zone de coupe, les matériaux durs et cassants peuvent être usinés sans aucun dommage thermique. Voici comment le Laser MicroJet a changé la donne et révolutionné l'usinage laser de haute précision dans les industries de l'aviation, du diamant et des semi-conducteurs, entre autres.

La Genèse

L'histoire de Synova commence lorsque Bernold Richerzhagen, après avoir obtenu son master en génie mécanique à l'Université RWTH d'Aix-la-Chapelle en 1989, a postulé à un poste dans un projet de recherche du laboratoire d'optique appliquée de l'EPFL visant à développer un outil dentaire basé sur le laser pour l'élimination des caries. Richerzhagen était loin de se douter que ce projet déboucherait sur une invention qui changerait la donne dans



Synova Duillier

Source : Synova



Laboratoire de développement des applications

Source : Synova

de nombreuses industries. Son invention était basée sur la fusion du laser et de l'eau pour percer l'émail des dents. Le faisceau laser était guidé par réflexion totale dans un fin jet d'eau à la manière d'une fibre optique. Le laser fournissait la chaleur nécessaire à l'ablation tandis que l'eau refroidissait le matériau. Ce laser guidé par jet d'eau offrait l'avantage d'un faisceau laser cylindrique parallèle, c'est-à-dire sans la divergence du faisceau qui est inhérente aux autres procédés laser. Après quatre ans d'essais intensifs,

Richerzhagen a réussi à coupler un faisceau laser de haute puissance dans un jet d'eau très fin. Après avoir prouvé avec succès la faisabilité d'un laser guidé par jet d'eau pour son projet d'outil dentaire, Richerzhagen a obtenu son doctorat en 1994. La

même année et les années suivantes, il a obtenu des brevets pour son procédé de faisceau laser guidé par jet d'eau auprès des offices allemand et européen des brevets.

Premières années

Pendant 12 mois d'emploi post-doctorat à l'EPFL, Richerzhagen a construit un premier modèle fonctionnel pour trouver les meilleurs paramètres de fonctionnement ainsi que pour convaincre des partenaires industriels potentiels de son invention.

Par la suite, dans le but de commercialiser son invention, Richerzhagen loue des locaux dans le parc scientifique de l'EPFL. De mi-1995 à mi-1997, il travaille au développement de son premier prototype, baptisé « Machine 000 ». Lorsqu'il crée Synova SA en 1997, l'entreprise a reçu trois prix pour la nouvelle technologie, qui sera plus tard commercialisée sous le nom de Laser MicroJet® (LMJ). La première machine a servi d'outil de laboratoire pour le développement de nouvelles applications ainsi que de machine de démonstration afin de gagner des clients. À présent, l'équipe de trois personnes se composait principalement d'ingénieurs chargés de la R&D et des essais d'applications pour les clients. Bien que de nombreux échantillons de clients aient été découpés sur la machine, il y a eu très peu de commandes. Avec le recul, c'était logique car il s'agissait d'une nouvelle technologie dans un nouveau produit d'une nouvelle société qui essayait de pénétrer dans une industrie ancienne et traditionnelle - le monde des machines-outils. Ce n'est qu'en août 1999 que Synova a expédié la machine « 001 », une JPS 600, à American Dicing Inc, un atelier basé à Liverpool, New York, aux États-Unis. Cette livraison a débouché sur l'introduction ultérieure du système de découpage au laser (LDS) pour l'industrie de l'électronique et des semi-conducteurs, qui avait le potentiel de révolu-



Pochoir en silicium

Source : Synova



Source : Synova

L'atelier de montage de Synova

tionner la façon dont les puces électroniques étaient découpées dans les plaquettes.

En 2001, le nombre d'employés était passé à 15 et un nouveau marché s'est ouvert lorsque Synova a lancé le LCS (Laser Cutting System) 300. Le LCS 300 à 3 axes (table de travail de 300 x 300 mm) était adapté à une variété d'applications d'usinage de précision. Une étape importante dans l'histoire de l'entreprise a été franchie lorsque la machine « 012 », la première LCS 300, a été expédiée en août 2001 à un atelier en Allemagne. Le LCS 300 allait devenir le cheval de bataille de l'entreprise. La plupart des 13 systèmes LCS 300 expédiés en 2002 étaient destinés à des clients en Allemagne, au Japon, en Corée du Sud, à Taiwan et aux États-Unis. En 2003, les activités de l'entreprise ont quitté le centre d'incubation du Parc scientifique pour s'installer dans un bâtiment situé juste en face du campus de l'EPFL. Sur le plan psychologique, ce déménagement annonçait un changement majeur. D'une manière symbolique, le cordon ombilical avec l'EPFL est coupé. Synova est désormais autonome.

Laser MicroJet pour les semi-conducteurs

À partir de 2003, Synova a fourni plusieurs machines LGS (Laser edge-Grinding System) à Infineon Technologies AG, un fabricant européen de semi-conducteurs. Ces systèmes sont conçus pour le meulage des bords de plaquettes minces de semi-conducteurs. La même année, Synova a lancé les premiers systèmes de pochoirs laser (LSS) et de ponçage des bords (LGS). Les premiers systèmes LSS 800 à 3 axes, avec une table de travail de 800 x 600 mm, ont été expédiés en 2004 à deux clients en Corée du Sud. L'un des clients exploitait un atelier de fabrication de pochoirs. L'autre client a utilisé le LSS 800 pour découper des masques OLED. Ces deux applications ont souligné le rôle important que le LSS 800 (plus tard LCS 800) allait jouer dans l'industrie des

semi-conducteurs. La technologie LMJ, qui combine un laser avec un jet d'eau, était la solution idéale pour usiner des pochoirs en silicium sans aucune zone affectée thermiquement (ZAT). Outre le système LGS, Synova a également mis au point le système LDS pour les applications de découpe et de traçage de plaquettes. Cette technologie de découpage s'est avérée supérieure aux machines traditionnelles de découpage à lame qui sciaient les plaquettes de semi-conducteurs en puces individuelles. La technologie LMJ permet une ablation précise des matériaux semi-conducteurs allant de silicium, l'arséniure de gallium au carbure de silicium. Le laser guidé par jet d'eau garantit une surface de coupe propre, sans écaillage, microfissures, bavures ou dépôts. Les copeaux ne sont pas endommagés par une quelconque zone affectée thermiquement (ZAT). Enfin, le procédé permet un débit élevé, notamment pour les plaquettes minces. Les systèmes pionniers LGS et LDS ont introduit la découpe laser dans l'industrie des semi-conducteurs. Dans les années qui ont suivi, Synova a fourni de tels systèmes à des fabricants de semi-conducteurs au Japon et à Taiwan. La société sud-coréenne Samsung Electronics a même intégré le système LGS dans sa chaîne de production de puces électroniques en introduisant des robots pour la manipulation des plaquettes. L'un des plus gros clients de Synova est un grand fabricant d'équipements pour semi-conducteurs qui utilise la technologie LMJ pour la découpe des consommables en silicium utilisés dans les machines à graver. Ce client a acheté 25 systèmes. Synova a continuellement mis à niveau ses systèmes LCS 800 pour mieux servir l'industrie des semi-conducteurs.

Croissance et crise

En reconnaissance de ses réalisations, Richerzhagen a été finaliste du prix « Entrepreneur de l'année » d'Ernst & Young en 2004. Frost & Sullivan a décerné à Synova son prestigieux Prix européen de l'innovation technologique en 2005. Bien que Synova soit encore une petite entreprise avec seulement 30 employés, Richerzhagen avait déjà une vision mondiale pour l'entreprise. Les premières années, la majeure partie des affaires de Synova provenait de l'Extrême-Orient et des États-Unis. En 2006, l'entreprise a créé des filiales au Japon, en Corée du Sud et aux États-Unis. Il a embauché des ressortissants étrangers pour gérer ces filiales, qui comprenaient des centres de micro-usinage (MMC) pour les tests d'application et les travaux de découpe des clients. Synova était vraiment une entreprise multinationale dans tous les sens du terme. Consciente des menaces que représentent les perturbateurs des nouvelles technologies, Synova a conclu des partenariats avec divers instituts de recherche, dont le Fraunhofer ILT (Institut de technologie laser) et le Fraunhofer IPT (Institut de technologie de production), afin d'adapter le procédé LMJ à de nouvelles applications. La société a également coopéré avec des acteurs de l'industrie tels que Carl

Zeiss Jena sur des projets stratégiques visant à faire progresser la technologie optronique. En outre, elle a collaboré avec l'Université de Bâle dans le domaine de l'ingénierie biomédicale et avec l'Université de Nottingham dans le cadre de recherches avancées sur l'usinage hybride. Pendant ce temps, les ventes étaient également en plein essor. La société a expédié un nombre record de 26 systèmes en 2007. La plupart étaient destinés à de nouvelles applications de la technologie LMJ brevetée, allant du dopage laser de cellules photovoltaïques à la découpe de stents et au perçage de buses de carburant.

La même année, Synova a lancé le kit d'intégration LMJ (LMJ-iP) pour le vendre aux intégrateurs de systèmes. Ce kit, comprenant des composants de base (tête optique, laser et pompe à eau) permet aux utilisateurs d'intégrer la technologie LMJ dans leurs systèmes de production. Les premiers kits ont été vendus à Schott Solar pour être intégrés dans des systèmes de découpe de plaquettes solaires.

La crise financière de 2008 qui a frappé l'économie mondiale a également affecté les activités de Synova. Les expéditions ont diminué de moitié. Malgré un manque de liquidités, l'entreprise a réussi à conserver ses quelque 60 employés, la plupart travaillant dans la R&D ou l'ingénierie d'application. Une légère reprise a eu lieu en 2009, lorsque les expéditions ont augmenté.

Laser MicroJet pour la taille des diamants

Heureusement, un nouveau marché s'est ouvert en 2010. Après des années d'essais, l'équipe de Richerzhagen a enfin trouvé les bons paramètres de laser pour tailler les pierres en diamant. En 2011, Synova a fourni son premier LMJ DCS (Diamond Cutting System) 300 à Laurelton Diamonds Belgium BV, qui fait partie du groupe Tiffany. La technologie LMJ avec son jet d'eau réduisait le risque d'endommager les pierres comportant des bulles d'air ou des inclusions. En outre, le laser « humide » de Synova présente de nombreux avantages par rapport aux lasers « secs » largement utilisés. Contrairement aux lasers conventionnels où le faisceau laser se focalise à une distance de travail limitée à quelques millimètres, le laser guidé par jet d'eau coupe avec un faisceau cylindrique dont la profondeur de coupe peut atteindre plusieurs centimètres. La DCS 300, une version du LCS 300 adaptée à la taille des diamants, devient la machine de choix pour la taille des diamants bruts. Une version plus petite, la DCS 150, a été ajoutée à l'offre de produits. Au cours des années suivantes, les livraisons à l'industrie du diamant ont ajouté au volume d'affaires de l'entreprise. La technologie LMJ de Synova est désormais devenue la norme industrielle pour la taille de diamants, avec plus de 80 systèmes DCS en service dans le monde. En 2017, le « Constellation » de 813 carats, le plus gros diamant du monde avec une longueur de 6 centimètres, a été taillé sur un système DCS 300. Ayant à l'esprit les marchés du diamant et des outils de coupe, Richerzha-

Test final du DCS 50



Source : Synova

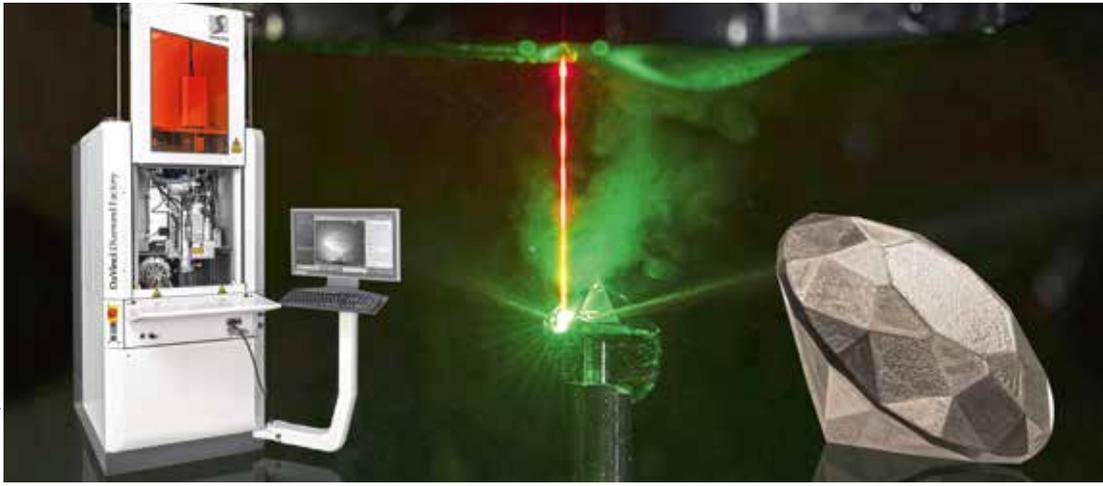
gen a décidé de développer une machine compacte avec un encombrement réduit et une capacité de 5 axes. Ne disposant pas des ressources humaines internes pour développer une plate-forme mécanique, il a sous-traité le travail de conception à une école d'ingénieurs. La collaboration a été fructueuse, donnant naissance à la LCS 50, une machine dotée d'une table de travail de 50 x 50 mm. Lancée en 2014, la LCS 50 a connu un succès immédiat. La DCS 50, une version de la machine destinée au marché du diamant, est devenue le système optimal pour la découpe des pierres diamantées. Synova disposait désormais d'une machine polyvalente pour le micro-usinage de précision de petits composants.

Laser MicroJet pour les moteurs d'avion

Entre-temps, Synova avait étendu son modèle commercial pour inclure des partenariats de licence de technologie. En 2014, Synova s'est associée à Makino Milling Machine Co. Ltd. (Tokyo) pour intégrer la technologie LMJ dans la plateforme mécanique de haute précision de Makino. Ce partenariat a permis à Makino d'intégrer la technologie LMJ dans deux systèmes de découpe des métaux : le MCS 300 à 3 axes et le MCS 500 à 5 axes.

Ce partenariat est devenu une collaboration tripartite entre GE Aviation, Makino et Synova. GE avait développé un composite à matrice céramique (CMC) pour résister aux hautes températures des moteurs à réaction. Ce matériau extrêmement dur était difficile à usiner. L'usinage et le meulage conventionnels sur les carénages en CMC prenaient des heures. En comparaison, la MCS 500 équipée du

Source : Synova



Système DaVinci pour façonner les diamants

LMJ a percé et coupé les carénages en quelques minutes sans fissures et en modifiant très peu la structure de la céramique. GE Aviation a intégré le MCS 500 dans sa ligne de production entièrement robotisée pour usiner les composants des turbines CMC. La technologie LMJ a changé la façon dont les composants de moteurs seront usinés à l'avenir.

Laser MicroJet pour l'usinage de grandes pièces

Le 12 décembre 2016, Synova a déménagé son siège international d'Ecublens vers des locaux plus grands dans un bâtiment moderne à Duillier. La disponibilité d'un espace supplémentaire a été une aubaine pour toutes les fonctions clés. La R&D disposait de son propre espace pour les machines prototypes. L'ingénierie d'application a obtenu une baie plus grande dans l'atelier de production. La production a eu de l'espace alloué pour un deuxième hall. Avec le déménagement dans les nouvelles installations, le développement de nouvelles machines a pris un rythme plus rapide. En septembre 2018, Synova a lancé le LCS 305 à 5 axes pour l'usinage de grands composants tels que les aubes de turbine et les fraises. Intégrant des composants et des technologies de conception de pointe, la LCS 305 est la machine laser la plus précise de sa catégorie. La machine est particulièrement adaptée à l'usinage de composants à matrice céramique utilisés dans les moteurs aéronautiques ou de plaquettes PCD pour fraises.

Synova a expédié la première LCS 305 en 2017 au groupe Kennametal pour son centre technologique de Latrobe, en Pennsylvanie (États-Unis). Leader dans le développement d'outils céramiques en nitrure de silicium pour l'usinage de matériaux exotiques pour l'aérospatiale, Kennametal suivait les tendances du marché des outils de coupe. Selon Dedalus Consulting, la part de marché des mèches d'outils en diamant cultivé en laboratoire (LGD) était passée de 5 % en 2004 à 17 % en 2022. Avec sa technologie LMJ, la LCS 305 à 5 axes est capable d'usiner la nouvelle génération d'outils de coupe en matériaux polycristallins (PCD) et monocristallins

(MCD). Sentant le besoin d'une machine plus polyvalente pour l'usinage de haute précision et pour l'intégration de tous les capteurs que Synova avait mis au point au cours des dernières années, Synova a développé le LCS 303, remplaçant le LCS 300 qui a connu un grand succès et qui a été construit plus de 150 fois. Équipé de moteurs linéaires et d'un axe rotatif pour le positionnement de la pièce à différents angles, ce système était idéal pour le tranchage de cubes de diamant CVD. Lancé en 2020, le premier système a été expédié à Element 6, une filiale de De Beers spécialisée dans les produits en diamant cultivés en laboratoire. Entre-temps, Synova a augmenté les options de licence pour les équipementiers. L'ensemble LMJ-iP comprend désormais des options allant d'un ensemble réduit avec seulement quelques composants à un ensemble à intégration complète avec laser. Synova a également conclu des accords OEM avec Makino au Japon, Arnold en Allemagne et C. B. Ferrari en Italie. Après plusieurs années de partenariat fructueux avec Synova, Makino a lancé en 2020 deux systèmes basés sur le LMJ, appelés Luminizer LB 300 et Luminizer LB 500, qui sont vendus directement sous sa marque. En 2019, le groupe Synova comptait une centaine d'employés et une offre de produits allant du petit DCS 50 à 5 axes au XLS 1005 à 5 axes présentant le plus grand volume de travail. Le moment était venu de passer à la phase suivante de la diversification des produits.

Laser MicroJet pour façonner les diamants

En novembre 2020, Synova a lancé l'usine de diamants DaVinci (DaVinci Diamond Factory), un système qui transforme les diamants bruts en diamants taillés en brillant, avec jusqu'à 57 facettes, en une seule opération. Le système DaVinci, entièrement automatique, est une innovation technologique. Il promet de révolutionner l'industrie du diamant telle que nous la connaissons en réduisant le temps de passage de plusieurs semaines à quelques heures. Les fabricants de diamants peuvent obtenir un meilleur rendement de polissage à partir de leurs pierres brutes grâce à une plus grande pré-

>> Le site de Rottweil nous permet de nous rapprocher de nos clients sur le marché allemand, en Autriche et dans les pays du Benelux. <<

Bernold Richerzhagen, fondateur et CEO de Synova

cision, une meilleure symétrie des pierres et des copeaux de diamant réutilisables. La machine Da Vinci polit un brillant rond à 57 facettes d'une manière différente. Elle façonne d'abord les facettes sur le pavillon. C'est là que le faisceau laser peut découper de grands éclats de diamant qui peuvent être utilisés pour des pierres plus petites. Après avoir façonné toutes les facettes, la broche tourne de 90 degrés pour que le faisceau laser puisse effectuer le broutage de la gaine. Contrairement à la procédure manuelle, il s'agit de la dernière opération. Synova a expédié la première machine en septembre 2021. Depuis lors, d'autres commandes ont été reçues. Des transformateurs de diamants au Botswana et en Afrique du Sud ont passé commande d'un système DV, car il remplace la nécessité d'une main-d'œuvre qualifiée pour le polissage manuel des diamants finis. Il sera désormais possible d'extraire un diamant brut et de livrer la pierre précieuse polie au client en une seule journée. Fin 2021, le groupe comptait 120 employés avec 400 systèmes LMJ vendus dans le monde.

Expansion et vision d'avenir

Avec un carnet de commandes de deux ans, Synova connaissait un goulot d'étranglement au niveau de la production. Bien que la construction d'un hall de montage de 800 m² soit en cours d'achèvement à Duillier, il était urgent de mettre en place une capacité de production supplémentaire. Une usine à Rottweil (Baden-Württemberg) appartenant à Mikron Germany GmbH était disponible. Synova a repris cette usine en juin 2021, augmentant ainsi sa capacité de fabrication. En plus de l'assemblage des systèmes LMJ, cette installation comprend un centre de micro-usinage (MMC) avec salle d'exposition. « Le site de Rottweil nous permet de nous rapprocher de nos clients sur le marché allemand, en Autriche et dans les pays du Benelux », a déclaré M. Richerzhagen.

Synova approche de son 25^e anniversaire en 2022, avec 150 employés dans le groupe. L'entreprise a défini sa vision de l'avenir en se basant sur la construction de machines à haut rendement énergétique dans un environnement à l'empreinte carbone minimale. L'accent est mis sur la mesure et l'optimisation de la consommation d'énergie à tous



Source : Synova

les niveaux. Les futures machines seront équipées d'entraînements à haut rendement énergétique. L'architecture des machines sera basée sur des structures mobiles légères. Ces changements se traduiront par d'importantes économies pour les clients. Dans le but de réduire son empreinte carbone, l'entreprise s'oriente vers les énergies propres. Elle a installé des panneaux solaires sur le toit de ses bâtiments afin de réduire les pics de demande d'électricité. L'objectif est d'obtenir au moins deux tiers des besoins énergétiques annuels de l'entreprise à partir de sources renouvelables. La priorité a toujours été la satisfaction du client. Elle développe actuellement un système de surveillance en ligne des performances des machines sur le terrain afin de prévenir les pannes de machines. Ces données, combinées à l'IA, permettront de détecter en temps réel les conditions extrêmes des machines et de prévoir les pièces de rechange critiques telles que les diodes laser.

Les 25 premières années ont été le témoin d'un développement phénoménal de l'entreprise. Si l'entreprise poursuit son engagement envers ses valeurs fondamentales d'innovation continue et de développement des ressources humaines, il ne devrait pas y avoir de raison de s'inquiéter pour l'avenir.

Texte : Nitin Shankar

MSM

Synova SA
Route de Genolier 13, 1266 Duillier
Tel. 021 55 22 600, sales@synova.ch
synova.ch