

Laser Marking Device for Automotive Body Component Engraving

Laser marking device for automotive body component engraving

SMG Solutions Sp. z o.o., Gnieźnieńska 129, 62-006 Bogucin

ABSTRACT

This article presents the results of an R&D project (POIR.01.01.01-00-0268/17), the goal of which was to develop a laser marking device for automotive body components capable of being mounted on the moving arm of an industrial robot — the first such solution in the world market. Marking body components serves several critical functions simultaneously in the automotive industry — and their importance is systematically growing. The VIN number (a 17-character vehicle identification code) is legally mandatory in almost all jurisdictions; however, a VIN plate attached to the bodywork or stamped on just 1–2 components is easy to counterfeit or replace. The practice known as *VIN cloning* — i.e. cloning the identity of a stolen vehicle by transferring the numbering from a legitimate vehicle — is a growing problem on a global scale. In the UK alone, 10,460 VIN cloning-related reports were recorded in 2024, compared with 7,377 in 2020. Europol and Frontex regularly dismantle organised networks trafficking in cloned vehicles — during one of the Mobile 6 operations at EU borders, 505 stolen cars and nearly 2,000 stolen parts were seized, identifying numerous cases of so-called cloned vehicles where VIN number forgery had reached a very high level of sophistication. Permanent laser marking of body components directly in the metal (rather than on a replaceable plate) radically hinders this practice — the removal or obliteration of a deep engraving is visible to the naked eye, and as the results of the SMG Solutions project demonstrate, the feature remains readable by non-destructive methods (X-ray tomography) even after the surface has been mechanically abraded.

Identification of Vehicles Assembled from Two Wrecked Cars ("cut-and-shut")

A separate problem is the phenomenon known as *cut-and-weld fraud* — assembling vehicles from the front and rear halves of two seriously damaged cars in order to obtain one with a "clean" title. Vehicles with a post-accident repair title can acquire a "clean" title when registered in another jurisdiction (*title washing*) — even new VINs assigned during inspection will not match the numbers on the doors or body panels. If every individual body panel carried a permanent, unique identifier applied by laser during the manufacturing process, an inspector or vision system could immediately detect a numbering discrepancy between different body components — just as is done today with engine and chassis numbers

Tracking Throughout the Entire Lifecycle — from the Production Line to the Scrapyard

The marking and traceability of automotive parts involves tracking a product or component throughout its entire lifecycle by applying a unique identifier linked to a database — regardless of whether the part is installed in a new vehicle, recycled, resold, or disposed of. Integrating part marking with digital systems such as Manufacturing Execution Systems (MES) or ERP enables real-time visibility into production processes and automatic recording of data at every stage of production

OBJECTIVE AND INNOVATION

Main objective: laser marking in parallel with component transport, without a dedicated workstation.

- traditional galvanometric systems are unsuitable for mobile operation due to their sensitivity to overloads.

Patent P.420242 (18.01.2017). Implementors: SMG Solutions Sp. z o.o. + IChF PAN.

KEY RESULTS

Within the project, a laser source was selected that enables the creation of permanent features in the form of QR codes (13×13 mm) to a depth of 30 µm, and for alphanumeric character strings (VIN number), features to a depth of 200 µm on galvanised steel. The key research result was the development of a technique for deeper ablation of the edges of QR modules, thanks to which the feature remains readable by X-ray tomography even after mechanical surface abrasion — which constitutes a unique solution in the context of anti-theft security. A BLDC drive controller was designed and built, ensuring positioning accuracy of ≤0.1 mm in both static and dynamic modes, and the rate of erroneous communication frames in an industrial environment did not exceed 0.05%. The device was tested on actual automotive body sheets in three coating configurations: galvanised sheet and galvanised sheet with a grey primer were engraved effectively at 80% laser power, while sheet with an additional black base coat required a power reduction to 30%. Long-term tests at 100% of the maximum permitted speeds of all robot axes, under variable thermal conditions (10–32°C) and with electromagnetic interference from a welder, grinder and CNC machine tool, showed no negative impact on engraving quality or device reliability.

PLANNED VS. ACHIEVED

Parameter	Planned	Achieved
Speed	5 chars/s	≥5 chars/s ✓
Noise	≤50 dB	<50 dB ✓
Pos. accuracy	±0,1 mm	≤0,05 mm ✓
Optical fibre	min. 7 m	10 m (poss. 20 m) ✓
Robot-mountable	YES	verified ✓
Operation in motion	YES	90°, 100% speed ✓
Readability after abrasion	RTG	X-ray confirmed ✓
Final TRL	VII	VII ✓

CONCLUSIONS

- The first solution combining laser marking with robot mobility has been developed, meeting the stringent requirements of the automotive industry and enabling the marking and component transfer processes to be parallelised
- Laser power calibration is critical for different paint coatings (30–80%)

FUNDING

Project co-financed under POIR 2014–2020, Sub-measure 1.1.1. Total value: PLN 5,023,204; grant from the National Centre for Research and Development: PLN 3,818,632. Contract No.: POIR.01.01.01-00-0268/17.

Znakowarka laserowa do grawerowania elementów karoseryjnych

Laser marking device for automotive body component engraving

SMG Solutions Sp. z o.o., Gnieźnieńska 129, 62-006 Bogucin

STRESZCZENIE

Artykuł prezentuje wyniki projektu B+R (POIR.01.01.01-00-0268/17), którego celem było opracowanie laserowej znakowarki elementów karoseryjnych zdolnej do montażu na ruchomym ramieniu robota przemysłowego — pierwsze takie rozwiązanie na rynku światowym. Znakowanie elementów karoseryjnych pełni w branży motoryzacyjnej kilka krytycznych funkcji jednocześnie — i ich znaczenie systematycznie rośnie. Numer VIN (17-znakowy kod identyfikacyjny pojazdu) jest obowiązkowy prawnie w niemal wszystkich jurysdykcjach, jednak sama tabliczka z VIN-em przymocowana do karoserii lub wybita na 1-2 elementach jest łatwa do podrobienia lub wymiany. Proceder znany jako *VIN cloning* — czyli sklonowanie tożsamości skradzionego pojazdu przez przełożenie numeracji z pojazdu legalnego — jest rosnącym problemem na skalę globalną. Tylko w Wielkiej Brytanii w 2024 roku odnotowano 10 460 zgłoszeń związanych z VIN cloning, wobec 7 377 w roku 2020. Europol i Frontex regularnie rozbijają zorganizowane siatki handlujące sklonowanymi pojazdami — podczas jednej z operacji Mobile 6 na granicach UE zatrzymano 505 skradzionych samochodów i blisko 2 000 kradzieży części, identyfikując przy tym liczne przypadki tzw. sklonowanych pojazdów, gdzie fałszerstwo numerów VIN osiągnęło bardzo wysoki poziom zaawansowania. Permanentne laserowe znakowanie elementów karoseryjnych bezpośrednio w metalu (a nie na wymiennej tabliczce) radykalnie utrudnia ten proceder — usunięcie lub zatarcie głębokiego graweru jest widoczne gołym okiem, a jak wykazują wyniki projektu SMG Solutions, cecha pozostaje odczytywalna metodami nieniszczącymi (tomografia RTG) nawet po mechanicznym starciu powierzchni.

Identyfikacja pojazdów złożonych z dwóch rozbitych samochodów ("składak")

Odrębnym problemem jest zjawisko tzw. *cut-and-weld fraud* — składanie pojazdów z przednich i tylnych połówek dwóch poważnie uszkodzonych samochodów w celu uzyskania jednego z "czystym" tytułem własności. Samochody z tytułem po naprawie powypadkowej mogą uzyskać "czysty" tytuł własności przy rejestracji w innej jurysdykcji (*title washing*) — nawet nowe VIN-y przydzielane podczas inspekcji nie będą pasować do numerów na drzwiach czy panelach nadwozia. Gdyby każdy indywidualny panel karoseryjny nosił trwały, niepowtarzalny identyfikator naniesiony laserowo w procesie produkcji, inspektor lub system wizyjny mógłby natychmiast wykryć niezgodność numeracji między różnymi elementami nadwozia — tak jak robi się to dziś z numerami silnika i podwozia

Śledzenie w całym cyklu życia — od linii produkcyjnej do złomowiska

Znakowanie i identyfikowalność części samochodowych polega na śledzeniu produktu lub komponentu przez cały cykl życia poprzez naniesienie unikalnego identyfikatora powiązanego z bazą danych — niezależnie od tego, czy część jest zainstalowana w nowym pojeździe, poddana recyklingowi, odsprzedana, czy utylizowana. Integracja znakowania części z systemami cyfrowymi, takimi jak Manufacturing Execution Systems (MES) lub ERP, umożliwia wgląd w procesy produkcyjne w czasie rzeczywistym i automatyczne rejestrowanie danych na każdym etapie produkcji

CEL I INNOWACJA

Cel główny: znakowanie laserowe równoległe z transportem elementu, bez wydzielonej stacji roboczej.

- tradycyjne systemy galwanometryczne są niezdadne do pracy mobilnej ze względu na wrażliwość na przeciążenia.

Patent P.420242 (18.01.2017). Realizatorzy: SMG Solutions Sp. z o.o. + IChF PAN.

KLUCZOWE WYNIKI

W ramach realizowanego projektu wybrano źródło laserowe umożliwiające wykonanie trwałych cech w postaci kodów QR (13×13 mm) o głębokość 30 µm, dla ciągów znaków alfanumerycznych (numer VIN) cechy o głębokości — 200 µm na stali ocynkowanej. Kluczowym wynikiem badań było opracowanie techniki głębszego ablowania krawędzi modułów QR, dzięki której cecha pozostaje odczytywalna tomografią RTG nawet po mechanicznym zatarcu powierzchni — co stanowi unikalne rozwiązanie w kontekście zabezpieczeń antykradzieżowych. Zaprojektowano oraz wykonano sterownik napędów BLDC zapewniający dokładność pozycjonowania ≤0,1 mm zarówno w trybie statycznym jak i dynamicznym, a wskaźnik błędnych ramek komunikacyjnych w środowisku przemysłowym nie przekroczył 0,05%. Urządzenie przetestowano na rzeczywistych blachach karoseryjnych w trzech konfiguracjach powłok: blachę ocynkowaną oraz ocynkowaną z podkładem szarym grawerowano skutecznie przy 80% mocy lasera, natomiast blacha z dodatkową bazą czarną wymagała redukcji mocy do 30%. Testy długotrwałe przy 100% dopuszczalnych prędkości wszystkich osi robota, w zmiennych warunkach termicznych (10–32°C) i przy zakłóceniach elektromagnetycznych od spawarki, szlifierki i obrabiarki CNC, nie wykazały żadnego negatywnego wpływu na jakość graweru ani niezawodność urządzenia.

ZAŁOŻONO VS. OSIĄGNIĘTO

Parametr	Zakładano	Osiągnięto
Prędkość	5 znaków/s	≥5 znaków/s ✓
Hałas	≤50 dB	<50 dB ✓
Dokładność poz.	±0,1 mm	≤0,05 mm ✓
Światłowód	min. 7 m	10 m (możl. 20 m) ✓
Montaż na robocie	TAK	zweryfikowano ✓
Praca w ruchu	TAK	90°, 100% prędkości ✓
Odczyt po zatarcu	RTG	RTG potwierdzone ✓
TRL końcowy	VII	VII ✓

WNIOSKI

- Opracowano pierwsze rozwiązanie łączące znakowanie laserowe z mobilnością robota spełniające rygorystyczne wymagania branży automotive i pozwalające zrównoleglic procesy znakowania i przenoszenia elementu
- Kalibracja mocy lasera kluczowa dla różnych powłok lakierniczych (30–80%)

FINANSOWANIE

Projekt dofinansowany w ramach POIR 2014–2020, Poddziałanie 1.1.1. Wartość: 5 023 204 PLN; dofinansowanie Narodowe Centrum Badań i Rozwoju:: 3 818 632 PLN. Nr umowy: POIR.01.01.01-00-0268/17.